وزارة المعارف العمومية

كتاب الكيمياء

للمدارس الثانوية

نظرى وعملى

للسنة الخامسة التوجيهية

الجزء الأول

من الباب الأول إلى الباب الخامس عشر

تأليف

محمد محمد فياض — المفتش بوزارة المعارف

أحمد أمين ابراهيم — مدرس أول العلوم بمدرسة الابراهيمية

محمد صبحى الاتربى — المفتش بوزارة المعارف

القاهرة

مطبعة مصر شركة مساهمة مصرية

٤٠ شارع نوبار باشا (ناصية شارع الدواوين)

١٩٣٨

تنبيـــه هـام

التداريب المؤشر عليها بالعلامة * هى للمدرس خاصة أما التداريب الأخرى فللمدرس أن يختـار منها للطلبة ما يمكنهم القيام بإجرائه .

بسم الله الرحمن الرحيم

الباب الأول

العناصر والمخلوطات والمركبات الكيميائية

لبث العلماء عدة قرون يحاولون تحليل ما يقع تحت أيديهم من المواد مستعملين فى ذلك مختلف الوسائل فنجحوا فى معظم الأحوال ولم يقاوم جهودهم إلا نحو تسعين مادة لم يستطيعوا تحليلها إلى مواد أبسط منها فسموها «مواد عنصرية» أو عناصر، وسموا ماعداها «مواد غير عنصرية» فالراسب الأحمر ونيترات الرصاص وكلورات البوتاسيوم والماء والسكر والخشب كلها مواد غير عنصرية إذ ينحل كل منها إلى مادتين أو أكثر مختلفان عنه وعن بعضهما البعض. أما الايدروجين والأوكسيجين والزئبق فهى مواد عنصرية لأنه لا يمكن أن يستخلص منها مواد أبسط منها

فالمواد إذن نوعان : —

أولا : عناصر، وهى مواد لايمكن أن يستخلص من أيها مواد أبسط منها

ثانياً : مواد غير عنصرية، وهى مواد يمكن أن ينحل كل منها (فى الظروف الملائمة) إلى مادتين أو أكثر

والجدول الآتى يحوى أسماء بعض العناصر الشهيرة مرتبة بترتيب حروف الهجاء

ألومنيوم	حديد	قصدير . . . .
أنتيمون	خارصين	كالسيوم . . . .
أوكسيجين (غاز) . . .	ذهب	كبريت . . . .
ايدروجين (غاز) . . .	راديوم	كربون . . . .
باريوم	رصاص	كلور (غاز) . . . . . .
بروم (سائل)	زئبق (سائل) .	ماغنيسيوم . . . .
بزموت	صوديوم	نحاس . . . .
بلاتين	فضة	نتروجين أو أزوت (غاز) .
بوتاسيوم	فوسفور	يود . . . .

العناصر الفلزية والعناصر غير الفلزية

يعرف الآن من العناصر مايبلغ التسعين وأغلبها مواد صلبة في الدرجة المعتادة للحرارة واثنان منها سائلان هما الزئبق والبروم وقليل منها يوجد في الحالة الغازية في الدرجة المعتادة للحرارة والضغط كالأوكسيجين والنيتروجين وقد اعتاد الكيماويون أن يقسموا العناصر إلى قسمين شهيرين : عناصر فلزية وعناصر غير فلزية ، والأولى هي التي يعبر عنها عادة باسم المعادن

الصفات الطبيعية للفلزات

كل الفلزات أجسام صلبة ما عدا الزئبق فهو سائل وكثير منها يمكن الحصول عليه متبلراً كالرصاص والذهب وهي معتمة غير شفافة وعلى الأخص إذا كانت سميكة وللفلزات بريق لماع يسمى البريق المعدني

وتختلف ألوانها باختلاف أنواعها فالذهب أصفر والنحاس أحمر والفضة بيضاء ومثلها البلاتين والقصدير . أما الحديد والخارصين والرصاص فلها لون أشهب

وتختلف الفلزات في كثافاتها وهي غالباً ذات كثافة عالية، ومعظم الفلزات قابل للانصهار ولكل منها درجة انصهار خاصة تميزه عن غيره . فالبوتاسيوم

مثلا ينصهر عند درجة ٦٢° م والرصاص عند درجة ٣٢٦° م والفضة عند درجة ٩٦٠° م. وبعضها يتطاير ويمكن تقطيره مثل الزئبق الذى يغلى فى درجة ٣٥٧° م

وللفلزات على وجه عام قدرة على توصيل الحرارة إلا أنها تختلف فى هذه الخاصة باختلاف الفلز وأشدها توصيلا للحرارة هى الفضة ويليها النحاس. ويقال مثل هذا فى قابلية الفلزات لتوصيل الكهرباء

وتتميز الفلزات بقابليتها للطرق فقطعة الرصاص مثلا يمكن أن تطرق حتى تتحول إلى صفيحة رقيقة دون أن تتفتت وهذا بعكس الكبريت الذى يتهشم بالطرق. وأكثر الفلزات قابلية للطرق هو الذهب ويليه الفضة والنحاس والرصاص

ومن صفات الفلزات قابليتها للانسحاب (المط) فيمكن أن يجعل منها أسلاك وخيوط مختلفة السمك

وتختلف الفلزات فى قابليتها للسحب وأكثرها قابلية للسحب هو الذهب ويليه الفضة والحديد والنحاس والخارصين والرصاص

التمييز بين العناصر الفلزية والعناصر غير الفلزية

لايصح الاعتماد على الخواص الطبيعية فقط للتمييز بين العناصر الفلزية والعناصر الغير الفلزية

فالصوديوم والبوتاسيوم مثلا عنصران فلزيان مع أنهما أقل كثافة من الكبريت . والماغنيسيوم والألومينيوم من الفلزات أيضا مع أنهما أقل كثافة من الماس وهو نوع من الكربون . والأنتيمون عنصر فلزى بالرغم من أنه غير قابل للطرق والسحب إذ هو هش سهل التفتت مثل الكبريت

والكربون وهو عنصر غير فلزى جيد التوصيل للكهرباء حين يكون بشكل الجرافيت

ولهذا السبب لا يصح الاقتصار على الخواص الطبيعية للعنصر إذا أريد معرفة نوعه . وقد وجد أن الطرق الكيماوية هي أصدق ما يلجأ إليه فى تعيين نوع العنصر . وإليك بعض هذه الطرق : —

أولا — فعل الحوامض

تحل الفلزات محل الأيدروجين فى الحوامض ويتكون منها مواد تعرف بالأملاح . أما العناصر الغير الفلزية فأنها لا تحل محل الأيدروجين فى الحوامض، وفى بعض التفاعلات الكيماوية تتحد هذه العناصر بالأيدروجين مباشرة كما يلاحظ مع الكبريت والكلور

ثانيا — الأكاسيد

الأكاسيد الفلزية القابلة للذوبان فى الماء يكون محلولها قلوياً والأكاسيد الغير فلزية القابلة للذوبان فى الماء يكون محلولها حمضيا

والأكاسيد الفلزية تتعادل مع الحوامض فيتكون ملح وماء فهى أكاسيد قاعدية

ثالثاً — الفلزات وغير الفلزات من الوجهة الكهربائية

أظهرت عمليات التحليل الكهربائى أنه إذا تحلل مركب مكون من فلز متحد بعنصر غير فلزى ظهر الفلز عند المهبط والعنصر الغير الفلزى عند المصعد ولهذا يقال ان الفلزات موجبة التكهرب وغير الفلزات سالبة التكهرب

ويعتبر الأيدروجين من هذه الوجهة عنصراً فلزياً لأنه يظهر عند المهبط

ويمكن تلخيص أوجه الفرق بين الفلزات وغير الفلزات كما يأتى : —

	عناصر فلزية	عناصر غير فلزية
١	لا يعرف منها ما هو غاز	الكثير منها غاز
٢	ذات بريق معدنى	ليس لها بريق معدنى فى الغالب
٣	جيدة التوصيل للحرارة والكهرباء	على العموم رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء
٤	عالية الكثافة غالباً	فى الغالب كثافتها صغيرة
٥	فى الغالب معتمة	فى الغالب غازات شفافة
٦	الصلب منها قابل للسحب والطرق	الصلب منها هش سهل الكسر
٧	تحل محل ايدروجين الحوامض	لا تحل محل الايدروجين فى الحوامض
٨	أكاسيدها قواعد والقابل منها للذوبان فى الماء يكون محلوله قلوياً	أكاسيدها إذا اتحدت بالماء كونت حوامض
٩	تكون ذات كهربائية موجبة فى محاليل المركبات الناتجة من اتحادها بالأصول الحمضية أو العناصر الغير الفلزية	ذات كهربائية سالبة فى محاليل المركبات الناتجة من اتحادها بالفلزات

المزج والاتحاد

إذا خلطت عدة مواد اختلاطاً بسيطاً بحيث تحتفظ كل منها بذاتيتها، ويمكن أن تميز عن الأخرى أو تفصل على انفراد بعملية بسيطة، قيل إن المواد امتزجت، وسميت المادة المكونة منها مزيجا أما إذا ارتبطت مادتان أو أكثر إحداهما بالأخرى ارتباطاً تنعدم فيه ذاتية كل منهما ومميزاتها، ونتجت من هذا الارتباط مادة جديدة ذات خواص ليس للمادتين الأصليتين شيء منهما، قيل إن المادتين اتحدتا إحداهما بالأخرى اتحاداً كيميائياً، وتسمى المادة الحادثة عن هذا الاتحاد مركباً كيميائياً.

ومن أوضح الأمثلة للمزيج مسحوق الكبريت وبرادة الحديد، فانه إذا خلط أحدهما بالآخر احتفظ كل منهما بخواصه المميزة له، فالحديد فى الخليط ينجذب إلى المغنطيس، والكبريت يذوب فى ثانى كبريتيد الكربون ويكون لون الخليط وسطاً بين لونى الحديد والكبريت، ويغلب اصفراره إذا زاد مقدار الكبريت، ويزداد سواده إذا كبرت نسبة الحديد فيه. وتختلف كثافة مزيج الحديد والكبريت عن كثافتيهما، وتكون متوسطة بينهما، إلا أنها تختلف باختلاف نسبة تركيبه. وكذلك يلاحظ فى هذا المزيج أن أجزاء الحديد والكبريت يمكن أن ترى بالعدسة المكبرة متجانبة منفصلة بعضها عن بعض، ومن هذا يرى أن أهم مايدل على حدوث مزيج ظهور خواص أجزائه فيه كما لو كانت على انفراد، وإمكان استخدام هذه الخواص فى فصل الأجزاء بعضها عن بعض: ففى المثال السابق يمكن فصل الحديد بالمغنطيس كما يمكن فصل الكبريت باذابته فى ثانى كبريتيد الكربون ومن أمثلة المزيج أيضا خليط من الملح والرمل، ويمكن أن يفصل أحدهما عن الآخر منه باذابة الملح فى الماء.

والملاط مزيج من الرمل والجير المطفأ، وكذلك البارود مزيج من ثلاث مواد هى الكبريت والفحم وملح البارود، ويمكن أن يفصل الملح منه باذابته فى الماء. أما الكبريت فيفصل باذابته فى ثانى كبريتيد الكربون

أما المادة الحادثة بعد تسخين مزيج الحديد والكبريت (كبريتيد الحديدوز) فهى مركب كيميائى ذو لون أسود يختلف عن لون كل من الحديد والكبريت، ولا يتأثر حديده بالمغنطيس ولا يذوب كبريته فى ثانى كبريتيد الكربون فهو مادة جديدة بصفات جديدة ، وقد نتجت هذه المادة من اتحاد الحديد بالكبريت اتحاداً كيميائياً وكذلك إذا خلط النحاس بالكبريت فان خليطهما يكون مزيجاً . إذ تتضح فيه خواص كل منهما . أما إذا سخن هذا المزيج فان صفات كل من النحاس والكبريت تنعدم وتتبدل بصفات أخرى مميزة لمادة جديدة ، ويقال إن النحاس والكبريت قد اتحد الواحد منهما بالآخر وتكون من اتحادهما ذلك المركب الكيميائى ، الذى يسمى كبريتيد النحاسوز.

واحتراق الفوسفور فى الهواء مثال واضح للاتحاد الكيميائى ، فان المسحوق الأبيض الحادث هو مركب كيميائى حدث من اتحاد الفوسفور بجزء من الهواء (الأوكسيجين) ، ويسمى هذا المسحوق خامس أوكسيد الفوسفور ، وكذلك يقال إن الراسب الأحمر مثال للمركب الكيميائى إذ هو مكون من الزئبق والأوكسيجين ، وليس فى صفاته شىء يشعر بوجودهما فيه .

ويلاحظ أن كثافة المزيج تتغير بتغير نسبة تكوينه ، أما كثافة المركب الكيميائى فثابتة لا تتغير . فالماء النقى مثلا مركب كيميائى ذو كثافة ثابتة قدرها ١ جم/سم^{٣} ، وكذلك الكحول مركب كيميائى يزن السنتيمتر المكعب منه ٨٧ و٠ جم إذا كان نقياً ، ولكن كثافة مزيج الماء والكحول دائما تتراوح بين ١ جم / سم^{٣} ، ٨٧ و٠ جم / سم^{٣} .

ومما يلاحظ أيضا أنه عند اتحاد مادة بأخرى اتحاداً كيميائياً تنبعث فى كثير من الأحيان حرارة محسوسة وقد يصحبها ضوء ، أما عند المزج فلا تتغير درجة الحرارة فى الغالب وقد تنخفض ، فاتحاد الزئبق باليود ، واتحاد الحديد بالكبريت ، واحتراق الفوسفور عمليات يصحبها ارتفاع فى درجة الحرارة ، أما امتزاج ملح الطعام والثلج ، فعملية يصحبها انخفاض فى درجة الحرارة .

ومن أوجه التمييز بين المزيج والمركب الكيميائى أن المزيج يمكن عمله

بأية نسبة وزنية ، أما المركب الكيميائى فدائما يتكون من اتحاد المواد بنسبة ثابتة لا تتغير ، فاذا ازداد مقدار إحداها عن تلك النسبة بقى منه جزء حافظ لصفاته الأصلية .

ويلاحظ أنه يمكن فى المزيج استخدام خواص المواد المكونة له فى فصل البعض منها عن البعض الآخر ، ففى مزيج الحديد والكبريت مثلا يمكن فصل الحديد عن الكبريت بعدة طرق آلية منها الاذابة فى ثانى كبريتيد الكربون أو تقريب طرف ساق ممغنط إلى المزيج أو إلقاء المزيج فى ماء ساكن فيرسب الحديد فيه لثقله قبل أن يرسب الكبريت . أما فى المركب الكيميائى فلا يمكن استخدام خواص الأجزاء فى فصلها إذ تكون هذه الخواص قد انعدمت .

الكشف عن نقاء المواد

من الأمور المتعذرة الحصول على مواد نقية تمام النقاء فمثلا الماء قد يكون شفا رائقاً ولكنه قد يحوى غازات أو مواد صلبة مذابة فيه ، والذهب الذى نراه أصفر ذا بريق معدنى لا يخلو من وجود شوائب مختلطة به . وما يقال عن الماء والذهب يقال عن أى مادة أخرى .

وقد نحتاج فى كثير من الأحوال أن نعرف إذا كانت المادة التى نستعملها نقية أم لا وللوصول إلى هذا الغرض طرق عدة تتوقف على الخواص الطبيعية للمادة . وأهم هذه الطرق ما يأتى :

(١) الفحص الميكروسكوبى

المادة النقية سواء أكانت عنصراً أم مركباً كيميائياً تظهر متجانسة تحت المجهر ، وإذا كانت متبلرة تكون بلوراتها ذات شكل واحد ولو اختلفت حجومها .

(٢) درجة الانصهار

المواد النقية التي تنصهر دون أن تنحل تكون لها درجة انصهار محدودة وتكون هذه الدرجة ثابتة فى أثناء عملية الانصهار . أما إذا كانت المادة غير نقية فان درجة انصهارها تنخفض غالباً عن الدرجة المحدودة لها ولا تكون تلك الدرجة ثابتة أثناء الانصهار .

(٣) درجة الغليان

السوائل النقية التي تغلى دون أن تنحل تكون لها درجة غليان محدودة وتكون هذه الدرجة ثابتة فى أثناء الغليان . وإذا كان السائل غير نقى فان درجة غليانه فى الغالب ترتفع عن الدرجة المحدودة له ولا تكون ثابتة أثناء الغليان .

(٤) الكثافة

المادة النقية لها كثافة محدودة معروفة ، وإذا كانت غير نقية فان كثافتها تزيد أو تنقص تبعاً لنوع الشوائب المختلطة بها .

(٥) قابلية الذوبان

المادة النقية لها قابلية محدودة للذوبان أى أن مايذوب منها فى ١٠٠ جم من سائل (الماء مثلا) فى درجة حرارة معينة هو مقدار محدود معروف . وإذا كانت المادة غير نقية فان قابليتها للذوبان تزيد أو تنقص تبعاً للمواد الغريبة المختلطة بها .

ومما تقدم يتضح أن الكثافة ودرجتى الانصهار والغليان وقابلية الذوبان كلها من المقادير الطبيعية الثابتة للمادة ، وبها يمكن تمييز المادة عن غيرها من المواد وبواسطتها يمكن التحقق من نقاء المادة والأمثلة الآتية توضح ذلك :

أولا — إذا وجد أن سائلا يغلى فى ١٠٠° م عند ما يكون الضغط الجوى ٧٦ سم من الزئبق ، وتظل درجة غليانه ثابتة أثناء غليانه ، وأنه يتجمد عند الصفر المئوى وتكون درجة تجمده ثابتة وأن كثافته جرام

لكل سنتيمتر مكعب عند ٤° م كان هذا السائل هو الماء دون سواه.

ثانياً — إذا اختبرت عينة من الماء ووجد أنها تجمد عند درجة أقل من درجة الصفر المئوى وأن درجة تجمده غير ثابتة كان الماء غير نقى.

ثالثاً — إذا فحصت عينة من الكحول الأثيلى ووجد أنها تغلى فوق ٧٨٫٣° م تحت الضغط الجوى المعتاد كان الكحول غير نقى.

رابعاً — الكبريت المعينى ينصهر عند ١١٤° م وكثافته ٢٫٠٤ جم/سم³ فاذا فحصت إحدى المواد ووجد أن درجة انصهارها وكثافتها متفقتان مع هذين المقدارين كانت هذه المادة هى الكبريت المعينى. وإذا اختبرت عينة من هذا الكبريت ووجد أن درجة انصهارها وكثافتها مختلفتان عن هذين المقدارين كانت العينة غير نقية.

التمييز بين المخلوط وغيره من المواد

من البحث المتقدم يمكن استنتاج الحقيقة الآتية: — «إذا ظهر من الفحص عن المقادير الطبيعية الثابتة لاحدى المواد أنها نقية فانها تكون إما عنصراً أو مركباً كيمائياً، وإذا ظهر أنها غير نقية فانها تكون مخلوطاً». ويمكن أن تلخص صفات المخلوط فيما يأتى: —

(١) ليست له كثافة محدودة فكثافة مخلوط الرمل والملح مثلا تتوقف على نسبة كل من الملح والرمل فيه

(٢) درجة غليانه غير محدودة ولا ثابتة فمحلول الكحول فى الماء مثلا يغلى فوق ٧٨٫٣° م ولا تثبت نقطة غليانه عند هذه الدرجة بل تزيد تدريجاً

(٣) درجة انصهاره غير محدودة وليست ثابتة

(٤) قابليته للذوبان غير محدودة

(٥) لا يظهر متجانساً تحت المجهر

(٦) يمكن فصل المواد المكونة له بطرق آلية بسيطة

(٧) فى أثناء تكوين المخلوط فى الغالب لا تتغير درجة الحرارة ولا تظهر ظاهرة تدل على حدوث تفاعل كيماوى

(٨) تحتفظ كل من المواد المركبة له بخواصها المميزة لها

الهواء الجوى مزيج لا مركب

قبل أن نبحث فيما إذا كان الهواء الجوى مزيجاً أو مركباً كيميائياً يجدر بنا أن نتكلم أولا عن التركيب الوزنى للهواء

التركيب الوزنى للهواء : أهم الغازات الموجودة فى الهواء هى : —

١ — الأوكسيجين
٢ — النيتروجين
٣ — بخار الماء
٤ — ثانى أوكسيد الكربون
٥ — الأرجون .

وجد اللورد رالى (Rayleigh) عام ١٨٩٤ أن كثافة النيتروجين المستخلص من الهواء أكبر من كثافة النيتروجين المحضر من مركباته الكيميائية (مثل نيتريت الأمونيوم) فاستنتج من هذا أن نيتروجين الهواء مختلط بغاز أو غازات أخرى أكبر كثافة من النيتروجين إذ وجد أن اللتر من نيتروجين الجوّ يزن ١ر٢٥٧٢ من الجرام بينما يزن اللتر من النيتروجين المستخلص من غير الهواء ١ر٢٥٠٥ من الجرام .



سير وليم رمزى

وقد نجح السير وليم رمزى (W. Ramsay) سنة ١٨٩٤ فى استخلاص غاز الأرجون من الهواء ودرس خواصه فوجد أنه أكثف من النيتروجين وأكثر قابلية منه للذوبان فى الماء وأنه لا يدخل مطلقاً فى أى تفاعل كيميائى فسماه « الأرجون » وهى كلمة يونانية معناها « الخامل » .

والطريقة التى اتبعها فى عزل هذا الغاز هى أنه مرر الهواء الجاف الخالى من ثانى أوكسيد الكربون على النحاس المسخن لدرجة الاحمرار ثم على الماغنيسيوم المسخن لدرجة الاحمرار أيضاً فامتص الأول غاز الأوكسيجين واتحد الثانى بالنيتروجين وتخلف مقدار قليل من الأرجون لا يزيد حجمه عن ١ ٪ من حجم الهواء .

وقد وجد السير رامزى أن الأرجون الذى حصل عليه من الهواء بهذه الطريقة يحوى أربعة غازات أخرى وقد تمكن من عزل كل منها على حدته بالتبخير الجزئى للأرجون وهذه الغازات هى :

١ — الهيليوم وهى كلمة مأخوذة من اليونانية (Helios) ومعناها الشمس إشارة إلى أن هذا الغاز موجود واستكشف أولا فى الشمس

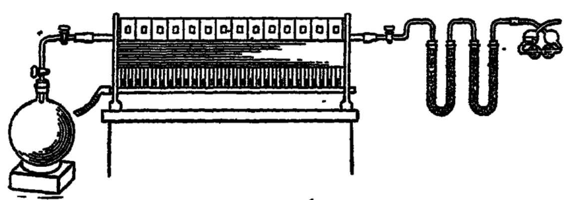
٢ — النيون وهى مشتقة من اليونانية (Neos) ومعناها جديد

٣ — الكريبتون وهى مشتقة من اليونانية (Kryptos) ومعناها مخبوء أو خاف

٤ — الزينون وهى مشتقة من اليونانية (Xenos) ومعناها غريب

ومقادير هذه الغازات فى الهواء صغيرة جداً إذ أنها أقل من الأرجون وهى لا تتفاعل بعضها مع بعض أو مع العناصر الأخرى وكثيرمنها يستعمل الآن فى الاعلانات المضيئة ؛ لأن لونها يتغير باختلاف مقدارها ونوعها فى فى الأنابيب الزجاجية .

ويمكن معرفة نسبة التركيب الوزنى للهواء الجاف الخالى من ثانى أوكسيد الكربون بامراره على النحاس المسخن لدرجة الاحمرار فيتحد أوكسيجين



شكل (١)

الهواء بالنحاس الذى يزداد وزنه وتكون زيادته مساوية لوزن الأوكسيجين الموجود فى الهواء الذى أمر فوق النحاس ويستخدم لهذا الغرض جهاز مثل فى (شكل ١) ويتركب من قارورة نحاسية كبيرة متصلة بأنبوبة احتراق تشحن بخراطة النحاس وهذه الأنبوبة تتصل من جهتها الثانية بأنابيب محشوة بحجر الخفاف المنـــدى بحامض الكبريتيك المركز لامتصاص بخار الماء وتتصل هذه الأنابيب بأنبوبة فقاعية بها محلول البوتاسا الكاوية لامتصاص ثانى أوكسيد الكربون. وطريقة العمل هى أن تفرغ القارورة من الهواء تفريغاً تاماً ثم تقفل بواسطة الصنبور وتوزن وزنا دقيقاً وتوزن أيضاً أنبوبة النحاس وهى مفرغة من الهواء ثم توصل أجزاء الجهاز كما هو مبين بالشكل مع بقاء جميع الصنابير مقفلة ثم تسخن أنبوبة النحاس لدرجة الاحمرار وتفتح الصنابير بحذر لينفذ تيار بطىء من الهواء فى الجهاز ماراً بالأنابيب التى تنتزع منه بخار الماء وثانى أوكسيد الكربون وغيرهما ثم يمر على النحاس المسخن فيفقد ما فيه من الأوكسيجين ولا يتخلف إلا النيتروجين مع الغازات الخاملة كالأرجون والهيليوم الخ فتتجه جميعها إلى القارورة — وبعد أن تمتلىء القارورة بالنيتروجين تقفل الصنابير ويترك الجهاز كى يبرد وتوزن كل من القارورة وأنبوبة الاحتراق فيلاحظ ازدياد فى وزن كل منهما وتدل زيادة وزن القارورة على وزن ما نفذ إليها من النيتروجين وتكون زيادة وزن الأنبوبة عبارة عن وزن الأوكسيجين الذى اتحد بالنحاس مضافاً إلى ذلك وزن ما يملؤها من النيتروجين فيضاف هذا إلى وزن ما يوجد منه فى القارورة فيكون المجموع مساوياً وزن النيتروجين جميعه والمثال التقريبى الآتى يبين طريقة العمل :

وزن القارورة وهى فارغة	= ١٣٩١٫٥ جم
« « مملوءة بالنيتروجين	= ١٤٠٣٫٨ «
« الأنبوبة وهى خالية من الهواء قبل البدء فى العملية	= ٦٤٧٫٧ «
« « بعد العملية مباشرة	= ٦٥١٫٤ «
« « وهى خالية من الهواء بعد العملية	= ٦٥١٫٣ «

وزن النيتروجين فى القارورة = ١٤٠٣ر٨ — ١٣٩١ر٥ = ١٢ر٣ جم
« « « الأنبوبة = ٦٥١ر٤ — ٦٥١ر٣ = ٠ر١ «
« « جميعه = ١٢ر٣ + ٠ر١ = ١٢ر٤ «
« الأوكسيجين = ٦٥١ر٣ — ٦٧ر٧ = ٣ر٦ «

وزن الأوكسيجين	٣ر٦
وزن النيتروجين	١٢ر٤

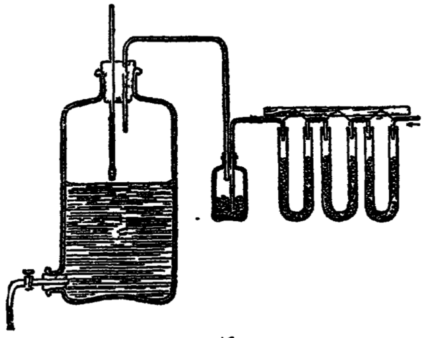
ونستنتج من هذا أن كل (١٠٠) جم من الهواء الجاف الخالى من ثانى أوكسيد الكربون بها (٢٢ر٥) من الجرام من الأوكسيجين ، (٧٧ر٥) جم من النيتروجين والغازات الخاملة .

تقدير كمية ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء :

تقدير كمية هذا الغاز فى الهواء من الأهمية بمكان عظيم وعلى الأخص فى أماكن السكن حيث يخشى أن تزداد نسبته عن الحد المألوف فيكون الهواء غير صالح للتنفس — ويستعمل لهذا الغرض محلول من الباريتا (ايدوركسيد الباريوم وهو قلوى كماء الجير) ذو قوة معينة بحيث إن السنتيمتر المكعب منه يمتص سنتيمتراً مكعباً من ثانى أوكسيد الكربون فى معدل الضغط والحرارة ويتعادل مع سنتيمتر مكعب من محلول حامض الأوكساليك . وطريقة العمل هى أن يؤخذ حجم معين من الهواء لا يقل عن (١٠) لترات ويرج عدة ساعات مع حجم معين من محلول الباريتا فيتحد جزء من المحلول مع ثانى أوكسيد الكربون ويتحول إلى كربونات الباريوم وبهذا يفقد هذا الجزء تأثيره القلوى ، أما الجزء الباقى فيحتفظ بخواصه القلوية فاذا أخذ المحلول جميعه وعومل بحامض الأوكساليك حتى حصل التعادل كان حجم الحامض المستعمل مساوياً حجم محلول الباريتا الذى لم يتأثر بغاز ثانى أوكسيد الكربون وبطرح هذا من حجم المحلول قبل رجه مع الهواء ينتج حجم المحلول الذى متص ثانى أوكسيد الكربون وهذا يساوى حجم ثانى أوكسيد الكربون الموجود فى الهواء المستعمل لأن السنتيمتر المكعب من المحلول يمتص سنتيمتراً مكعباً واحداً من هذا الغاز .

تقدير كمية بخار الماء فى الهواء :

يستعمل لهذا الغرض الجهاز المبين رسمه بشكل ٢ ويتركب من ماص للهواء (وهو عبارة عن قارورة كبيرة ذات صنبور مركب على فتحة جانبية بالقرب من قاعها) يتصل بأنابيب محتوية على مواد مجففة مثل خامس أوكسيد الفوسفور وحامض الكبريتيك المركز فاذا ملىء الماص بالماء ثم فتح الصنبور خرج الماء وسحب وراءه تياراً من الهواء يمر فى أنابيب التجفيف التى تمتص مابه من بخار الماء فاذا وزنت هذه الأنابيب قبل العملية وبعدها كانت الزيادة فى وزنها دالة على مقدار بخار الماء الموجود فى كمية الهواء التى مرت فى الجهاز ويقدر حجم هذه الكمية بحجم الماء الذى يخرج من الماص .



شكل (٢)

ويمكن تقدير كمية بخار الماء بطرق طبيعية وذلك باستعمال مقاييس الرطوبة (الايجرومترات) التى تعرف بها درجة الندى فاذا كانت درجة الندى فى وقت ما (هى ١٠°م) كان كل لتر من الهواء حاوياً (٠٫٠٠٩) جم من بخار الماء لأن منتهى ضغط البخار المتشبع فى درجة (١٠°م) هو (٩٫١٣) مم من الزئبق ولأن وزن كل (٢٢٫٤) لتراً من بخار الماء فى درجة الصفر وضغط (٧٦) سم هو (١٨) جراما (بفرض وجود البخار فى هذه

الدرجة وتحت هذا الضغط) فيكون وزن بخار الماء الذى يحتل لتراً فى درجة ١٠ °م وضغط ٩٫١٣ مم من الزئبق هو ٠٫٠٠٩ جم .

نظرة إجمالية فى تركيب الهواء :

أثبتت التجارب الدقيقة أن كمية الأوكسيجين فى الهواء تكاد تكون ثابتة لا تختلف باختلاف الأمكنة إلا بمقادير صغيرة جدا وتتراوح هذه الكمية بين ٢٠٫٢٦ ٪ ، ٢١ ٪ من حجم الهواء والهواء المعتاد يحوى عادة ٢٠٫٩٩ ٪ من حجمه ، ٢٣٫١٥ ٪ من وزنه أوكسيجينا .

كذلك تختلف كمية النيتروجين فى الجو اختلافا بسيطا وقد وجد بالتجارب العديدة الدقيقة أن نسبته فى الهواء المعتاد هى ٧٨٫٠٣ ٪ حجما ، ٧٥٫٥١ ٪ وزنا .

وتختلف نسبة ثانى أوكسيد الكربون اختلافا بينا حسب الجهات فهى فى هواء المدن أكثر منها فى هواء الريف غير أنها تكاد تبقى ثابتة فى المكان الواحد ويندر أن تقل عن ٣ أجزاء فى كل ١٠٠٠٠ جزء بالحجم من هواء الريف وأن تزيد على ٧ أجزاء فى كل ١٠٠٠٠ جزء بالحجم من هواء المدن غير أنها قد تزيد على ذلك كثيرا فى محال السكن والمجتمعات العمومية التى لم تنظم صحياً .

ويختلف مقدار مافى الجو من بخار الماء اختلافاً كبيرا فى المكان الواحد لأنها تتوقف على درجة الحرارة ودرجة تشبع الجو بالبخار فكلما ارتفعت درجة الحرارة ازدادت كمية بخار الماء التى يمكن أن يتشبع بها الجو والعكس بالعكس ويندر أن يكون الجو متشبعاً تمام التشبع بالرطوبة غير أنه لوحظ أن كمية بخار الماء فيه لا تقل عن $\frac{١}{٢}$ الكمية التى يمكن أن تشبعه ويستدل من التجارب العديدة أن نسبة بخار الماء فى الجو لاتتجاوز ١ ٪ حجما ولكنها قد تبلغ ٣ ٪ أو ٤ ٪ فى الأقاليم الرطبة الحارة .

ويتلخص تركيب الجو فى الجدول الآتى باعتبار أن الهواء جاف ولم تذكر نسبة بخار الماء فيه لكثرة تغيرها .

الغــــــاز	النسبة من حيث الحجم	النسبة من حيث الوزن
النيتروجين	٧٨ر٣	٧٥ر٥١
الأوكسيجين	٢٠ر٩٩	٢٣ر١٥
الأرجون والغازات الخاملة	٠ر٩٥	١ر٣٠
ثانى أوكسيد الكربون . .	٠ر٠٣	٠ر٠٤
بخار الماء	متغير	
نشادر وحامض نيتريك وثانى أوكسيد كبريت	آثار صغيرة	
المجموع	١٠٠ر٠٠	١٠٠ر٠٠

ولادراك ما تمثله هذه الأرقام إدراكا تاما تتصور أن الغازات الموجودة فى الهواء قد انفصلت ورتبت حسب كثافتها كل فى طبقة متجانسة الكثافة فانه يتكون على سطح الأرض طبقة من الماء عمقها ٥ بوصات ويعلوها طبقة من ثانى أوكسيد الكربون سمكها ١٣ قدما وفوقها طبقة من الأرجون عمقها ٩٠ ياردة ثم طبقة من الأوكسيجين ارتفاعها ميل واحد ويوجد فوق الجميع طبقة من النيتروجين سمكها أربعة أميال .

الهواء الجوى مزيج لا مركب كيميائى

ليس الهواء الجوى مركباً كيميائياً من الأوكسيجين والنيتروجين وثانى أوكسيد الكربون والأرجون وغيرها من الغازات التى ثبت وجودها فيه ، ولكنه مزيج منها . والأدلة على ذلك كثيرة نذكر منها ما يأتى :

أولا : من مميزات الاتحاد الكيميائى أنه إذا اتحد جسمان أحدهما بالآخر كان لناتج الاتحاد صفات تخالف صفاتهما ، ولا تظهر فيه الصفات المميزة لكل منهما . ولكن الهواء الجوى تظهر فيه الصفات المميزة لكل

من الغازات الموجودة فيه ، فالأوكسيجين مثلا يساعد على الاحتراق ، والنيتروجين ملطف لفعله ، وثانى أوكسيد الكربون يعكر ماء الجير ، وبخار الماء يلون كبريتات النحاس اللامائى بلون أزرق .

ثانياً : من القوانين المعروفة فى الكيمياء أن المركب الكيميائى يتكون دائماً بنسبة ثابتة من جهة الوزن ، فأوكسيد الماغنيسيوم مثلا يتكون من الماغنيسيوم والأوكسيجين بنسبة ٣ : ٢ بالوزن ، وثانى أوكسيد الكربون يتكون من الأوكسيجين والكربون بنسبة ٨ : ٣ وزنا . ولكن الهواء تختلف نسبة تركيبه باختلاف الجهات ، وهذا دليل على أنه مخلوط لا مركب . حقيقة إن الاختلاف فى نسبة التركيب صغير جداً ، ولكنه يدل على أن الغازات ليست متحدة بعضها ببعض اتحاداً كيميائياً .

ثالثاً : إذا مزج الأوكسيجين والآزوت وثانى أوكسيد الكربون والأرجون بنسبة وجودها فى الهواء كان للمزيج الحادث ما للهواء من الصفات والخواص ، ولا يلاحظ أثناء المزج من الظواهر الطبيعية (كالحرارة والضوء) ما يدل على حدوث اتحاد بين هذه الغازات

رابعاً : لو كان الهواء مركباً كيميائياً لذاب فى الماء دون أن تتغير نسبة تركيبه . ولكنه قد وجد أن الهواء إذا أذيب فى الماء ثم فصل عنه بالاغلاء تكون فيه نسبة الأوكسيجين إلى الآزوت ٣٥ : ٦٥ من جهة الوزن بدلا من ٢١ : ٧٩ ، وذلك لأن الأوكسيجين أكثر قابلية للذوبان من الآزوت وبالمثل يوجد أن نسبة ثانى أوكسيد الكربون تزيد فيه كثيراً عنها فى الهواء الجوى المعتاد .

خامساً : للمركب الكيميائى السائل درجة غليان ثابتة ، فالماء مثلا يغلى فى ١٠٠° م والكحول يغلى فى ٧٨٫٣°م ، أما مزيجهما فيبدأ فى الغليان عند ٧٨٫٣°م ثم تأخذ درجة حرارته فى الارتفاع تدريجاً حتى تصل إلى ١٠٠°م وقد وجد أن للهواء المسال درجة غليان متغيرة تبدأ عند (— ١٩٥°م) وهى درجة غليان النيتروجين المسال ، وتعلو حتى تصل إلى (— ١٨٣°م)

وهى درجة غليان الأوكسيجين المسال . فهو من هذه الوجهة يشبه مزيجاً من الكحول والماء

أسئلة

١ — عرف العنصر والمركب الكيماوى ، واذكر أى المواد الآتية عنصر وأيها مركب وهى :

الراسب الأحمر — السكر — الحديد — الكبريت — الرماد الحادث عن احتراق الماغنيسيوم — كبريتيد الحديدوز

٢ — ما أوجه الفرق بين المزج والاتحاد ؟ وضح إجابتك بالتمثيل بالحديد والكبريت

٣ — اشرح الوسائل التى تلجأ إليها لفصل أجزاء الممزوجات الآتية لتحصل على عينة نقية من كل جزء :

(ا) مزيج من الرمل والملح

(ب) مزيج من الماء والكحول

(ج) بعض البارود

(د) مزيج من الحديد والنحاس وملح الطعام

٤ — اذكر بعض الأدلة التى يستند عليها فى القول بأن الهواء مزيج من الأوكسيجين والنيتروجين لامركب منهما

٥ — ما الفرق بين مزيج من الأيدروجين والأوكسيجين ومركب كيميائى مكون منهما ؟

٦ — أمر لتر من الهواء الجاف على النحاس المسخن فازداد وزن النحاس بمقدار ٠ر٢٩٧ جم

أوجد نسبة الأوكسيجين فى الهواء الجاف وزناً مع العلم بأن اللتر منه يزن ١ر٢٩٣ من الجرام

الباب الثانى

أوكسيدا الكربون

(أولا : ثانى أوكسيد الكربون) (Carbon Dioxide)

مواطن الغاز

هذا الغاز دائم الوجود فى الهواء بنسبة تقرب من ٣ سم^{٣} لكل ١٠٠٠٠ سم^{٣} ، إلا أن هذه النسبة تزيد بالقرب من المصانع التى يحرق فيها الفحم بكثرة وبجوار أفران الجير المعروفة بالقمائن وبالقرب من مصانع الكحول والخمور ، وتنقص نسبة الغاز فى جو الريف عنها فى المدن . ويوجد الغاز مذابا فى مياه بعض العيون التى يحوى الكثير منها مقادير عظيمة من الغاز مذاباً بضغط شديد يتسبب عنه فوران الماء عند خروج الغاز منها وتنبعث مقادير كبيرة من الغاز من شقوق وتجاويف الأرض فى المناطق البركانية كما فى وادى السم فى جاوه وفى مغارة الكلاب بالقرب من نابولى ويوجد الغاز متحداً بأكاسيد فلزية مكوناً لمواد تعرف بالكربونات ، مثل كربونات الكالسيوم (حجر الجير أو الرخام أو الطباشير) وكربونات الماغنيسيوم .

ظروف تولد الغاز

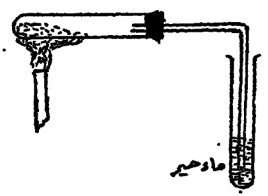
يتولد غاز ثانى أوكسيد الكربون فى ظروف كثيرة أهمها ما يأتى :

أولا : عند احراق الفحم (الكربون) أو المواد الكربونية (مثل الشمع والزيت والخشب فى تيار مطلق من الهواء أو فى الأوكسيجين)

ثانياً : عند تسخين بعض المواد المعروفة باسم الكربونات

تدريب ١ :

سخن بعض كربونات النحاس فى أنبوبة اختبار متينة (شكل ٣) وأمرر الغاز المتصاعد منها فى ماء الجير تجده يتعكر ، دلالة على خروج ثانى أوكسيد الكربون من الكربونات التى تتحول بعد ذلك إلى مسحوق أسود هو أوكسيد النحاس وكذلك ينفصل نفس الغاز إذا سخن كربونات الرصاص (الاسفيداج) أو كربونات الكالسيوم أو كربونات الماغنيسيوم.



شكل (٣)

ثالثاً : أثناء التخمر

إذا عرض عصير النباتات المحتوى على السكر إلى الجو مدة من الزمن ، فانه يفقد حلاوته ، ويتحلل إلى كحول وثانى أوكسيد كربون ، ويسمى هذا الانحلال تخمراً كحوليا ، ويحدث بفعل كائنات حية دقيقة (تسمى البكتريا) موجودة فى الجو أو فى خميرة البيرة .

تدريب ٢ :

سخن قليلا من سائل متخمر (مثل العسل المتخمر) فى قارورة ، تشاهد خروج فقاقيع من غاز يعكر ماء الجير إذا أمر فيه .

ويلاحظ تولد الغاز أيضاً عند تخمر عجين الدقيق ، وهو الذى يرفع العجين فى الدسيقة ، وهو الذى يحدث فى لباب الخبز من المسام والعجوات عند نضجه فى الفرن مايجعله سهل التناول .

رابعاً : فى التنفس

تدريب ٣ :

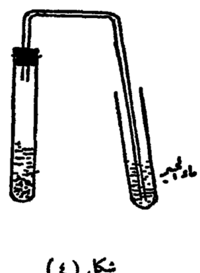
أمرر هواء الزفير فى ماء جير بكأس ، تلاحظ أن الماء يتعكر ويبيض لونه بفعل ثانى أوكسيد الكربون الخارج فى هواء الزفير .

ووجود هذا الغاز فى هواء الزفير من العوامل المسببة لوجوده فى الهواء الجوى .

خامساً : تأثير الحوامض فى الكربونات

تجربة ٤ :

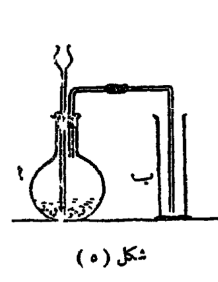
خذ قليلا من صودا الغسيل (كربونات الصوديوم) فى أنبوبة اختبار ، وصب عليه قليلا من حامض الأيدروكلوريك المخفف ، وسد الأنبوبة بسداد تنفذ منه أنبوبة ملتوية كما فى شكل ٤ ، تشاهد حدوث فوران شديد ناشىء من انفصال فقاقيع غاز شفاف يستدل عليه بتعكيره لماء الجير إذا أمر فيه ، وهذا الغاز هو ثانى أوكسيد الكربون.



شكل (٤)

استحضار غاز ثانى أوكسيد الكربون

أفضل طرق استحضار غاز ثانى أوكسيد الكربون فى المعمل أن يؤثر فى الرخام بحامض الأيدروكلوريك المخفف فى جهاز مبين رسمه فى شكل ٥ ويجمع الغاز فى مخابير بازاحة الهواء إلى أعلى ويمكن التحقق من أن المخبار قد امتلأ بالغاز بأن نقرب من فوهته شظية مشتعلة فتنطفىء .

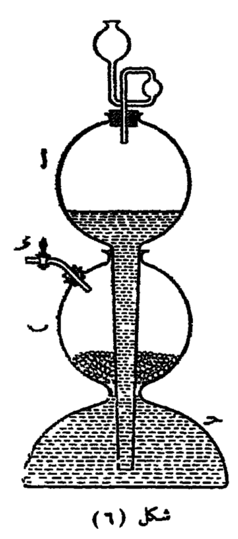


شكل (٥)

ملاحظات :

١ — يمكن جمع ثانى أوكسيد الكربون فوق الماء كما يجمع كل غاز عديم الذوبان أو قليل الذوبان فى الماء مثل الأوكسيجين والأيدروجين والأفضل أن يستعمل لجمعه ماء ساخن .

٢ — إذا استعمل حامض الكبريتيك بدلا من حامض الأيدروكلوريك يبتدىء التفاعل فينفصل الغاز ، ويتكون كبريتات الكالسيوم (الجِبسُ) . وهذا قليل الذوبان فى الماء فتتغطى قطع الرخام بطبقة منه تجعله بعيداً عن تأثير الحامض فيقف التفاعل بعد زمن قصير ، ولهذا السبب لا يستعمل حامض الكبريتيك عند استحضار الغاز من الرخام .



شكل (٦)

٣ — إذا أردت الحصول على تيار منتظم من الغاز ، فاستخدم الجهاز المعروف باسم جهاز كب (Kipp) ، وهو عبارة عن إناء من الزجاج ذى انتفاخين ب ، حـ متصل أحدهما بالآخر وأحدهما يعلو الثانى وبه فتحة جانبية فى أعلاه مركب عليها صنبور (د) وللجهاز قمع (ا) يتصل نهاية ساقه إلى قرب قاع الانتفاخ (حـ) (شكل ٦) . ولاستعماله ضع قطع الرخام فى (ب) وصب الحامض فى القمع (ا) فعند فتح الصنبور يهبط الحامض إلى (حـ) حتى يملأه ثم ينفذ منه إلى (ب) حيث يتصل بالرخام ويؤثر فيه ويخرج الغاز من الصنبور الذى يمكن توصيله بأنبوبة توصيل وإذا قفل الصنبور بعد ذلك لم يجد الغاز منفذاً لخروجه فيضغط على الحامض فينخفض من (ب) ويعلو فى ساق القمع ويبتعد عن الرخام .

بعض خواص ثانى أوكسيد الكربون

تدريب ٥ :

خذ مخباراً مملوءاً بغاز ثانى أوكسيد الكربون ، وأمله فوق آخر مملوء بالهواء (شكل ٧) وانتظر برهة صغيرة . ثم أكشف عن وجود ثانى

أوكسيد الكربون فى المخبارين بماء الجير تشاهد أنه انتقل من المخبار الأول إلى الثانى ، دلالة على أنه أثقل من الهواء .

تمرين ٦ : ذوبان الغاز

أمرر غاز ثانى أوكسيد الكربون مدة من الزمن فى ماء مقطر موضوع بكأس من الزجاج ، ثم اقسم ماء الكأس إلى ثلاثة أقسام .

أولا : ذق طعم الماء فى القسم الأول ، تجده لاسعاً

ألق فيه ورقة عباد شمس زرقاء تجدها تحمر ببطء .

شكل (٧)

ثانياً : أضف إلى ماء القسم الثانى قليلا من ماء الجير الصافى تجده يتعكر ويبيض دلالة على وجود غاز ثانى أوكسيد الكربون فى الماء .

ثالثاً : إغل ماء القسم الثالث ، تشاهد خروج فقاقيع الغاز من الماء بوضوح ، وإذا أضفت إليه بعد ذلك ماء الجير لايتعكر ، وذلك لأن الغليان يطرد الغاز من الماء .

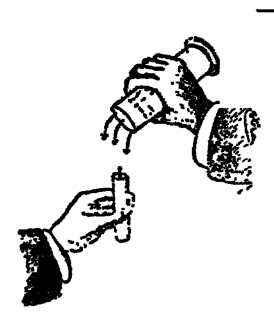
غاز ثانى أوكسيد الكربون عديم اللون والرائحة ، قليل الذوبان فى الماء فى الدرجة العادية ، ويزداد قبوله الذوبان بازدياد الضغط . فالمحلول المعروف باسم ماء الصودا هو محلول هذا الغاز فى الماء تحت ضغط يقرب من ثلاثة أمثال الضغط الجوى . ولذلك إذا فتحت زجاجة من زجاجات هذا الماء ، فان الغاز يخرج منها بشدة ، ويحدث فى مائها ما يشبه الفوران وذلك لنقص الضغط عليه (شكل ٨) ولمحلول الغاز ما للحوامض من الصفات ، فهو ذو طعم حامض لاسع كما أنه يغير لون عباد الشمس الأزرق ويجعله أحمر . ويسمى هذا المحلول أحياناً محلول حامض الكربونيك وهو يتكون من اتحاد الغاز

شكل (٨)

بعض الماء المذيب له . وهو حامض ضعيف غير ثابت ينحل بسرعة بالحرارة فيخرج الغاز منه ويبقى الماء . والغاز أثقل من الهواء مرة ونصف مرة تقريباً ، ولثقله يتراكم فى الجزء الأسفل من طبقات الهواء الجوى الساكن فيوجد بكثرة فى جوار قمائن الجير وفى الطبقات السفلى من المنازل المهجورة وفى بعض المغارات وفى أجواء الآبار المهجورة .

تدريب ٧ : فعل الغاز فى الاحتراق

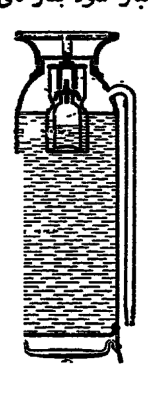
(ا) اغمر شظية ملتهبة فى مخبار مملوء بالغاز، تجد الشظية تنطفىء فى الحال ويخمد لهبها وأن الغاز لا يشتعل .



(ب) أشعل شمعة قصيرة ، ثم أفرغ فوقها غاز ثانى أوكسيد الكربون من مخبار تجد الشمعة تنطفىء عند وصول الغاز إليها (شكل ٩)

شكل (٩)

(حـ) أدل شريطاً ملتهباً من الماغنيسيوم فى مخبار مملوء بغاز ثانى أوكسيد الكربون ، تلاحظ أن الماغنيسيوم يستمر على الالتهاب ، مكوناً رماداً أبيض هو أوكسيد الماغنيسيوم ويتغطى جدار المخبار وقاعه بقطع سوداء من الكربون .



ثانى أوكسيد الكربون غاز لا يشتعل ولا يساعد على استمرار الاحتراق العادى ، إلا أن بعض الأجسام ، مثل الصوديوم والماغنيسيوم تحترق فيه ، وذلك لأنها تحلل الغاز وتتحد بأوكسيجينه تاركة الكربون .

ولما كان الغاز لا يساعد على استمرار الاحتراق فهو يستخدم فى إطفاء الحرائق ، وتستعمل لذلك أجهزة خاصة (شكل ١٠) يتكون الواحد منها من أسطوانة

شكل (١٠)

جوفاء من المعدن تتدلى فيها قارورة ذات غطاء غير محكم ، وفى جانب الاسطوانة بالقرب من أعلاها فتحة مركب عليها خرطوم ولاستعمال الجهاز تملأ الإسطوانة بمحلول مركز من بيكربونات الصوديوم وتملأ القارورة بحامض الكبريتيك المركز ، وتسد الاسطوانة بغطاء محكم وتترك لحين الحاجة إليها . فاذا أريد استعمال الجهاز يكفى أن ينكس فيزاح غطاء القارورة ويسيل الحامض منها ويختلط بمحلول البيكربونات ويتفاعل معه ويطرد غاز ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرج من الخرطوم بضغط شديد فيسلط على اللهب فيطفئه . ولهذا السبب توضع هذه الأجهزة فى الأماكن المعرضة للحريق لاتقاء للخطر .

وغاز ثانى أوكسيد الكربون ليس ساماً ولكن الحيوانات تموت فيه اختناقاً لعدم وجود الأوكسيجين وعدم قدرتها على تحليل الغاز وقد وجد أنه إذا وصلت نسبة الغاز فى الهواء إلى ٢٠ ٪ منه فانه يسبب موتاً مؤكداً .

فعل ثانى أوكسيد الكربون فى ماء الجير

إذا مر غاز ثانى أوكسيد الكربون فى ماء الجير (شكل ١١) مدة طويلة فان الماء يتعكر فى أول الأمر ثم يصفو ثانياً ، ويفسر ذلك بأن الغاز فى أول الأمر يتحد بالجير المذاب ، ويتكون من اتحادهما كربونات الكالسيوم وهذا لا يذوب بل يبقى معلقاً فى الماء معكراً له . وإذا استمر مرور الغاز فان ثانى أوكسيد الكربون يتحد مع كربونات الكالسيوم منتجاً لمركب آخر يعرف باسم بيكربونات الكالسيوم وهو سريع الذوبان فى الماء فيذوب بمجرد تكونه وهو سهل الانحلال . إذ تؤثر فيه الحرارة سرعة فتحلله وينفصل منه الغاز ، ويتخلف كربونات الكالسيوم ، ولذلك يعود محلوله إلى التعكر إذا غلى .

شكل (١١)

عمل ثانى أوكسيد الكربون فى محلول الصودا الكاوية

الصودا الكاوية مثل الجير المطفأ تمتص غاز ثانى أوكسيد الكربون بشره عظيم ، وتتحدبه مكونة لملح كربونات الصوديوم ولهذه الخاصة فانها تستخدم لتخليص مزيج غازى مما يكون به من ثانى أوكسيد الكربون الكاوية

وتأثير ثانىأوكسيد الكربون فىمحلولالصودا الكاوية يشبه تأثيره فىماء الجير ، فاذا أمر تيار منه فى المحلول كان أول أثر له أن يتحد بالصودا الكاوية لتكوين كربونات الصوديوم . وبما أن هذا الملح يذوب فى الماء فانه (بعكس كربونات الكالسيوم) لا يرسب . ويمكن الحصول عليه متبلرآ بتبخير المحلول ثم تركه يبرد . أما إذا أمر الغاز باستمرار مدة طويلة فى محلول كربونات الصوديوم فانه يتكون ملح آخر هو بيكربونات الصوديوم الذى ينفصل من المحلول على هيئة بلورات صافية ، ويرجع سبب انفصالها إلى أنها أقل ذوباناً من الكربونات نفسه وتسمى أمثال كربونات الكالسيوم وكربونات الصوديوم باسم كربونات أصلية . وأمثال بيكربونات الصوديوم وبيكربونات الكالسيوم باسم بيكربونات أو كربونات أيدورجينية .

حامض الكربونيك والكربونات

يذوب ثانى أوكسيد الكربون فى الماء ويكون لمحلوله تأثير حمضى فى عباد الشمس ، ويسمى المحلول باسم حامض الكربونيك . ولما كان الغاز ضعيف الذوبان ، فلا يذوب منه فى الماء إلا جزء صغير . ولهذا يكون المحلول حامضاً ضعيفاً . وهو حامض غير ثابت إذ ينحل بسرعة بالحرارة الهادئة وينفصل منه الغاز ، ولهذا السبب لا يوجد الحامض إلا محلولا فى الماء ولا يمكن تركيزه بالتسخين .

ولهذا الحامض أملاح تسمى كربونات ، وهى نتيجة حلول فلز محل كل و نصف إيدروجين الحامض ويمكن إحداث ذلك بطريقتين:ــــ

الطريقة الأولى : اتحاد غاز ثانى أوكسيد الكربون مباشرة بمادة قلوية

وقد رأينا كيف يتكون كربونات الكالسيوم وكربونات الصوديوم فى ماء الجير ومحلول الصودا الكاوية بالترتيب .

الطريقة الثانية : وتعرف بطريقة الترسيب ولها أهمية عظمى فى تجهيز الكربونات عديمة الذوبان مثل كربونات النحاس وكربونات الرصاص . وتتلخص هذه الطريقة فى مزج محلول كربونات قابل للذوبان (مثل كربونات الصوديوم) ومحلول ملح قابل للذوبان من أملاح الفلز المراد تجهيز كربوناته ، فيحدث بين الملحين تبادل مزدوج ينشأ عنه كربونات الفلز الذى يرسب لعدم قابليته للذوبان ويمكن فصله بالترشيح بعد إغلائه . فمثلا إذا مزج محلول كلوريد الكالسيوم ومحلول كربونات الصوديوم يحدث كربونات الكالسيوم

تمرين ٨ :

امزج محلولا لكلوريد الكالسيوم بمثل حجمه من محلول كربونات الصوديوم فى كأس ، واغل المزيج تشاهد حدوث راسب أبيض هو كربونات الكالسيوم . رشح السائل ، واجمع الرشيح وبخر جزءاً منه فى جفنة من الخزف تحصل على جزء من كلوريد الصوديوم .

والكربونات مواد صلبة لا يذوب منها إلا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم ويكون لمحاليلها تأثير قاوى فى عباد الشمس . وتنحل كربونات الفلزات الثقيلة بالحرارة فينفصل منها غاز ثانى أوكسيد الكربون ويبقى أوكسيد فلزى . وتستخدم خاصة الانحلال هذه فى تجهيز أكاسيد بعض الفلزات فالجير الحى مثلا (أوكسيد الكالسيوم) ، يحضر بتسخين حجر الجير وكذلك يتخلف أوكسيد النحاس وأكسيد الرصاص بتسخين كربونات النحاس وكربونات الرصاص بالترتيب أما كربونات الصوديوم وكربونات البوتاسيوم فانهما لا يتأثران بالحرارة ولا ينحلان ، وكربونات الأمونيوم ينحل إلى ثانى أوكسيد كربون وغاز النشادر فهو لا يتخلف منه باق صلب بعد تمام انحلاله .

وتتفاعل جميع الكربوناتات مع الحوامض فينفصل غاز ثانى أوكسيد الكربون ويتكون ملح يختلف باختلاف الحامض والفلز الموجود فى

الكربونات فمع حامض الايدروكلوريك يكون الملح كلوريدا ومع حامض الكبريتيك يكون كبريتاتا ومع حامض النيتريك يكون نيتراتا

(ا) كربونات نحاس + حامض كبريتيك = كبريتات نحاس + ماء + ثانى أوكسيد الكربون

(ب) كربونات كالسيوم + حامض إيدروكلوريك = كلوريد كالسيوم + ماء + ثانى أوكسيد كربون .

(ﺟ) كربونات صوديوم + حامض نيتريك = نيترات صوديوم + ماء + ثانى أوكسيد كربون .

وبهذه الخاصة تتميز الكربونات عن غيرها من الأملاح ، فاذا عومل ملح من الأملاح بحامض مخفف وانبعث منه غاز ثانى أوكسيد الكربون فان الملح يكون ملحاً لحامض الكربونيك أى كربونات

أما البيكربونات فكلها قابلة للذوبان فى الماء دون استثناء ، وكلها تنحل بالحرارة فينفرد منها غاز ثانى أوكسيد الكربون وماء (أى حامض كربونيك) ويتخلف الكربونات الأصلى .

ولهذا السبب يتصاعد الغاز إذا غلى محلول أحد هذه الأملاح . وتتأثر البيكربونات بالأحماض كما تتأثر الكربوناتات الأصلية تماماً ، فيخرج منها غاز ثانى أوكسيد الكربون وينتج ملح الحامض المستعمل .

التمييز بين كربونات وبيكربونات

إذا كان الملح عديم الذوبان فهو كربونات أصلى لأن كل بيكربونات قابل للذوبان .

وإذا كان الملح قابلا للذوبان فأجر العمليات الآتية على المحلول .

تدريب ٩*

(ا) سخن المحلول ، فاذا تصاعد منه غاز ثانى أوكسيد الكربون كان الملح بيكربونات .

(ب) أضف إلى بعض المحلول قليلا من محلول كبريتات الماغنيسيوم فاذا رسب راسب أبيض فى الحال (كربونات ماغنيسيوم) كان الملح كربونات أصلياً .

وإذا رسب راسب أبيض بعد الغليان كان الملح بيكربونات .

بعض منافع ثانى اوكسيد الكربون

لهذا الغاز منافع كثيرة منها ما يأتى :

أولا : ينتفع بخاصة عدم مساعدته للاحتراق فى إطفاء الحرائق

ثانيا : يستخدم الغاز فى صنع بعض أنواع من الماء المرطب فيذاب الغاز فى الماء تحت ضغط شديد ، فماء الصودا ليس إلا ماءً قد أذيب فيه مقدار كبير من الغاز تحت ضغط كبير .

ثالثا : يمكن بالتبريد الشديد تحويل ثانى أوكسيد الكربون إلى سائل ثم إلى جسم صلب أبيض شبيه بالجليد يسمى ثلج ثانى اوكسيد الكربون ، ويستعمل فى التبريد فهو إذا مزج بالايتير تكون منهما مزيج مبرد تبلغ درجة حرارته نحو (— ١٠٠°م)

رابعا : ثانى اوكسيد الكربون والنباتات — التمثيل الكلوروفيلى

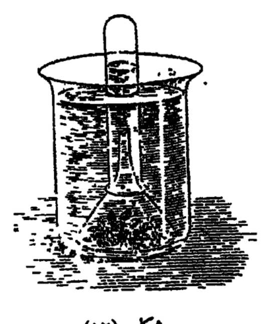
تمرين ١٠*

خذ كأساً واسعاً من الزجاج وضع فيه كمية من العشب الأخضر (ويحسن أن يكون طحالبا مائيا) — ثم نكس فوقه قمعاً من الزجاج واملأ الكأس بماء مشبع بغاز ثانى أوكسيد الكربون بحيث يعلو سطح الماء فيه عن طرف ساقه — ونكس فوق القمع أنبوبة اختبار تملؤها من نفس هذا الماء (شكل ١٢)

ضع الجهاز فى الظلام مدة ثم افحصه بعد ذلك لا تجد به أى تغيير — عرّض الجهاز لأشعة الشمس وراقب ما يحدث تشاهد تكون فقاعات غازية تتجمع على سطوح أوراق النبات ولا تلبث أن تتصاعد فى أنبوبة الاختبار .

انتظر حتى يمتلىء نصف الأنبوبة على الأقل من هذا الغاز ثم اكشف عنه تجده اوكسيجينا .

يستنتج من هذا التدريب أن النباتات الخضراء إذا عرضت لأشعة الشمس تستطيع أن تمتص غاز ثانى أوكسيد الكربون وتحلله إلى عنصرين وهما الكربون الذى تحتفظ به — والأكسيجين الذى يتصاعد . وتحدث هذه الظاهرة أينما وجدالنبات الأخضر وأشعة الشمس وتسمى (التمثيل الكلوروفيلى)



شكل (١٢)

نسبة إلى (الكلوروفيلا) وهى المادة الملونة الخضراء الموجودة فى النباتات (ويمكن استخلاصها منه بواسطة الكحول) فهذه المادة تمتص ثانى أوكسيد الكربون فتحتفظ به ليتغذى به النبات (وقد يتحول داخله إلى مواد أخرى كالسكر والنشا وغيرها) وأما الأوكسيجين فيعود إلى الجو - وهدا هو السبب فى صلاحية الهواء المجاور للأشجار والنباتات فى الحقول لتنفس الانسان أثناء النهار — ولا يحدث التمثيل الكلوروفيلى إلا بتأثير أشعة الشمس .

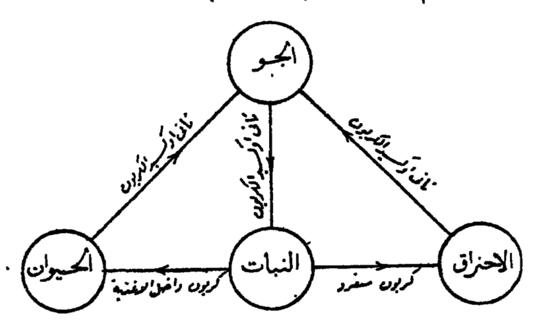
وللتمثيل الكلوروفيلى وظيفة أخرى فى الكون غير تغذية النباتات بالكربون وذلك لأنه يعمل على عدم تراكم ثانى أكسيد الكربون فى الجو الذى هو دائم التكون من عمليات الاحتراق وتنفس الحيوانات وتخمر المواد العضوية .

والنباتات تتنفس كما تتنفس الحيوانات فتمتص الأوكسيجين من الجو وتترك ثانى أوكسيد الكربون الذى يتصاعد فى الجو — وهذه العملية مستمرة آناء الليل وأطراف النهار . ولكنها تكون مستورة أثناء النهار لأن ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرج إلى الجو بعملية التنفس يكون أقل بكثير مما تأخذه

النباتات من الجو بعملية التمثيل الكلوروفيلي — أما فى الليـــل فيكون الأمر بالعكس .

دورة ثانى أوكسيد الكربون فى الكون

تمتص النباتات ثانى أوكسيد الكربون من الهواء وتحلله إلى عنصرى الأوكسيجين والكربون — ويعود الأوكسيجين إلى الجو أما الكربون فيبقى فى النباتات — وقد يتحول فيها إلى مواد يستعملها الانسان والحيوان فى غذائه — وهذه تتحلل داخل أجسام الحيوانات ويتحول الكربون فيها بعملية التنفس إلى ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرج إلى الجو فى هواء الزفير وهناك تمتصه النباتات وتعود الدورة مرة أخرى — وقد تتحول النباتات إلى فحم وهذا عند احتراقه يتحول إلى ثانى أوكسيد كربون الذى يتصاعد فى الجو فتمتصه النباتات وهكذا تتجدد الدورة من جهة ثانية . ويمكن توضيح هذه الدورة بالرسم التمثيلى الآتى (شكل ١٣)



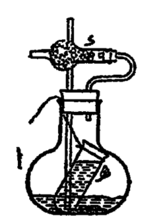
شكل (١٣)

تقدير نسبة ثانى أوكسيد الكربون فى كربونات

١١ :

(ا) أقم الجهاز المبين بشكل ١٤ وزن القارورة (ا) وحدها ، ثم ضع فيها قدر جرام من مسحوق الرخام النقى ، وزنها مرة أخرى فيكون

فرق الوزنين دالاً على وزن الكربونات . صب فى القارورة بعض الماء المقطر الذى يكفى لتغشية الكربونات



شكل (١٤)

أربط أنبوبة اختبار صغيرة (ه) بخيط واملأها بحامض أيدروكلوريك مركز . ثم أدلها فى القارورة محاذراً أن يراق الحامض منها على الرخام ، وأدخل السداد باحكام فيحفظ الخيط بينه وبين جدار القارورة كما ترى فى الشكل .

زن الجهاز كله وزناً دقيقاً ، ثم أمل القارورة لينسكب بعض الحامض على الرخام فيذوب الرخام وينبعث غاز ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرج من أنبوبة التجفيف (د) التى تحجز بخار الماء .

أعد سكب الحامض كلما بطؤ التفاعل ، واستمر على ذلك حتى يذوب كل الرخام ، وسخن القارورة بلطف لتطرد منها أى غاز يكون قد ذاب فى السائل . وافتح السداد مدة صغيرة تكفى لحلول الهواء فى جوف القارورة

اترك الجهاز يبرد ثم زنه مرة أخرى ودون نتائج الوزن كما يلى :

وزن القارورة + الرخام	=		جم
« « وحدها	=		«
∴ « الرخام	=	ا	«
« الجهاز كله قبل التفاعل	=		«
« « « بعد «	=		«
∴ « ثانى أوكسيد الكربون المنفصل .	=	ب	«
∴ « الغاز فى ١٠٠ جم من الكربونات	= $\frac{ب}{ا}$ × ١٠٠	=	«

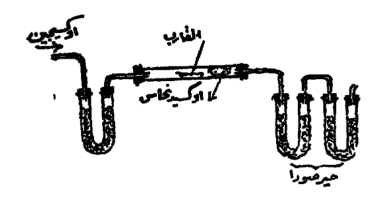
(ب) أعد نفس العمل بنفس الجهاز واستعمل كربونات الصوديوم أوجد مقدار ثانى أوكسيد الكربون الذى يمكن الحصول عليه من ١٠٠ جم من هذا الملح .

التركيب الوزنى لثانى أوكسيد الكربون

التدريب الآتى يبين الطريقة التى تتبع لمعرفة التركيب الوزنى لغاز ثانى أوكسيد الكربون. ومبدأ هذه الطريقة إحراق وزن معين من الكربون فى الأوكسيجين ومعرفة وزن مايتكون من غاز ثانى أكسيد الكربون

تدريب ١٢ *

زن قليلا من الكربون النقى فى قارب من الخزف معلوم الوزن، وضع القارب فى أنبوبة متينة من الزجاج مثبتة فى وضع أفقى ومشحون فيها أوكسيد نحاس جاف (شكل ١٥) بالقرب من أحد طرفيها . وصل الأنبوبة من هذا الطرف بأنابيب ذات شعبتين مملوءة بجير الصودا ، واعلم وزن هذه الأنابيب بما فيها . وصل أنبوبة التسخين من الجهة الثانية بجهاز تحضير



شكل (١٥)

ابدأ بتسخين الكربون وأوكسيد النحاس بشدة ثم امرر فى الجهاز تياراً بطيئاً من الأوكسيجين . تلاحظ اتقاد الكربون واحتراقه وتحوله إلى ثانى أوكسيد كربون الذى يمتصه جير الصودا فى أنابيب الشعبتين ، أما أوكسيد النحاس ففائدته تحويل ما يمكن أن يتكون من أول أوكسيد الكربون إلى ثانى أوكسيد كربون .

والِ العمل مدة ربع أو ثلث ساعة ثم أبعد الموقد واترك الجهاز يبرد مع مرور الغاز فيه ، وبعد أن يبرد زن كلا من القارب وأنابيب الشعبتين

كلا على انفراد ، تلاحظ نقص وزن الأول وازدياد وزن الأنابيب ويدل النقص على مقدار الكربون الذى احترق كما تدل الزيادة على مقدار ثانى اوكسيد الكربون المتكون .

احسب مقدار الأوكسيجين المتحد بجرام من الكربون فى ثانى أوكسيد الكربون تجده إذا راعيت الدقة فى العمل ٢⅔ جم تقريبا .

ولقد أجرى دوماس عدة تجارب بالشكل المتقدم وهذه بعض ما حصل عليه من النتائج .

الجرام الواحد من فحم السكر يتحد مع ٢٫٦٦٦٢ جم من الأوكسيجين
» » » الجرافيت » » ٢٫٦٦٦٩ » » »
» » » الماس » » ٢٫٦٦٦٢ » » »

واستخلص من ذلك أن الجرام الواحد من الكربون التى مهما كان مصدره يحتاج إلى ٢⅔ جم من الأوكسيجين لتكوين غاز ثانى أوكسيد الكربون أو أن الأوكسيجين والكربون يتحدان بنسبة ٨ : ٣ لتكوين غاز ثانى أوكسيد الكربون .

أول أوكسيد الكربون

ملاحظة : أول أوكسيد الكربون غاز سام فيجب الاحتراس عند عمل التجارب الخاصة به .

أحوال وجوده وتولده : يتولد أول أوكسيد الكربون إذا أحرق الكربون فى حيز محدود من الهواء أو الأوكسيجين وكان أول كاشف له هو لاسون (Lassone) عام ١٧٦٦ ، إذ حصل عليه بتسخين أوكسيد الرصاص مع فحم الخشب . وتمكن بريستلى عام ١٧٩٦ من الحصول عليه أيضاً بتسخين أوكسيد الحديد مع الفحم ، وأثبت لاوازييه أن هذا الغاز قابل للاحتراق فى الهواء وأنه يحدث من احتراقه غاز ثانى أوكسيد الكربون .

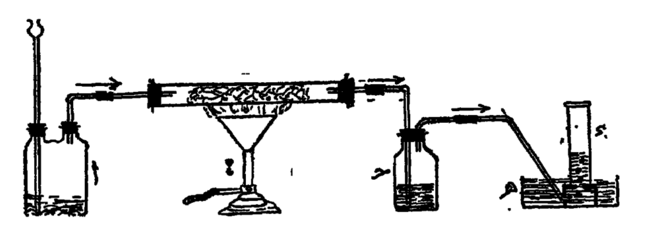
ولا يوجد هذا الغاز فى الكون منفرداً ولكنه يوجد بمقادير صغيرة

جدا ضمن الغازات التي تتصاعد من جوف البراكين ، وفي الغازات الخارجة من مداخن مواقد الفحم . ويتولد هذا الغاز أيضا إذا مر غاز ثانى اوكسيد الكربون على الفحم المتقد ، ويتضح ذلك بالتدريب الآتى :

تدريب ١٣*

أعد الجهاز المبين رسمه (بشكل ١٦) واشحن أنبوبة الاحتراق(ب) بفحم نباتى ، ثم امرر فوقه تياراً من غاز ثانى أوكسيد الكربون من القارورة (ا) ، واجعل فى (ج) محلول الصودا الكاوية (ليمتص أى ثانى أوكسيد كربون يمكن أن يخرج من ب ، كما أنه يدل أيضا على سرعة تيار الغاز فى الجهاز)

سخن الفحم فى (ب) لدرجة الاحمرار ، واجمع الغاز الذى ينفذ من القارورة (ج) فى مخبار مثل (د) .



شكل (١٦)

املأ المخبار بالغاز الخارج ثم صب فيه بعض ماء الجير ورجه ، تجد الماء لا يتعكر .

املأ مخباراً آخر من هذا الغاز وقرب إلى فوهته عود ثقاب ملتهب ، تر الغاز يشتعل بلهب أزرق .

الغاز الذى تجمعه فى هذا التدريب هوأول أوكسيد الكربون . وتفسير تكوينه أن ثانى أوكسيد الكربون فى ظروف التجربة يكون عاملا مؤكسدا ينتزع الفحم منه بعض مافيه من الأوكسيجين مكوناً به أول أوكسيد كربون

أما ثانى أوكسيد الكربون فبعد هذا الاختزال يتحول إلى أول أوكسيد الكربون أيضا .

وبهذا يعلل وجود لهب أزرق يرى واضحاً فوق مواقد الفحم بالقرب من سطحها . وتفسير وجوده هناك أن الهواء عند مروره فى طبقات الفحم المتقدة فى أسفل الموقد يؤكسد كربون هذه الطبقات ويحوله إلى ثانى أوكسيد الكربون ، وهذا لا يلبث أن يختزل عند اختراقه للطبقات العليا من الفحم الساخن المتقد ، فيتحول إلى أول أوكسيد الكربون الذى يلتهب عند ملامسته للهواء عند السطح (شكل ١٧)

شكل (١٧)

ويتولد الغاز أيضا اذا أمر بخار الماء فوق فحم كوك ساخن لدرجة الاحمرار فى أنبوبة كما فى جهاز التدريب السابق ، إلا أن الغاز الذى يجمع فى هذه الحالة يكون مزيجا من أول أوكسيد الكربون والايدروجين ويعرف باسم غاز الماء ، ويستعمل كوقود فى بعض المصانع .

استحضار أول أوكسيد الكربون

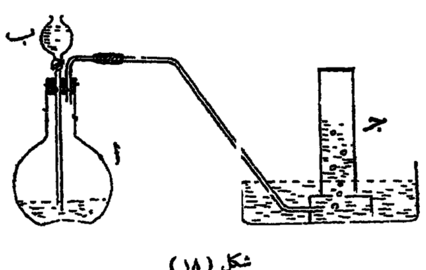
أولا : من حامض النمليك

تدريب ١٤*

ضع قدر ٣٠ سم^3 من حامض النمليك فى قارورة (ا) تثبت فيها قمعاً (ب) ذا صنبور كما ترى فى شكل ١٨ ، وأعد عدة مخابير ممتلئة بالماء مثل (ج) ومنكسة فى حوض ماء .

املأ القمع بحامض الكبريتيك المركز ، وافتح الصنبور بلطف حتى يتساقط الحامض فى القارورة قطرة قطرة ، تشاهد تفاعلا سريعاً

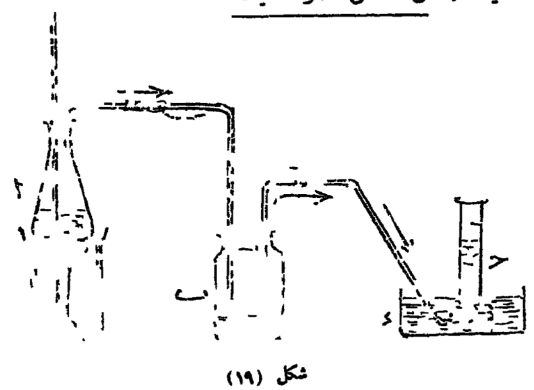
وتصاعد فقاقيع غازية تتجمع فى المخبار بازاحـــة الماء . نظم سرعة التنقيط بحيث تخرج الفقاقيع بسرعة مناسبة



شكل (١٨)

ضع القارورة (بعـد أن تملأ ما تريد من المخابير) فى خزانة الغازات حتى لا يتصاعد الغاز منها فى جو الحجرة .

ثانيـا : من حامض الأوكساليك



شكل (١٩)

تدريب ١٥*

أعد الجهاز المبين بشكل ١٩ واجعـل فى القارورة (ا) قدر ٢٠ جم

من حامض الأوكساليك وصب عليه من القمع قدر ١٠٠ جم من حامض الكبريتيك المركز ، وسخن القارورة فى حمام رملى بلهب هادىء ، تلاحظ انفصال غاز ينفذ فى القارورة (ب) (وفيها محلول صودا كاوية)، ثم منها إلى المخبار (ج) فيزيح الماء منه .

املأ ما تريد من المخابير واحداً بعد الآخر وكلما ملأت مخباراً غطه بقرص من الزجاج . ثم ابدأ بنزع أنبوبة التوصيل عن الجهاز وافصل القارورة (ا) واحفظها فى خزانة الغازات .

يمكن تجهيز أول أوكسيد الكربون بامرار ثانى أوكسيد الكربون فوق الفحم المتقد كما فى تدريب ١٤ ، إلا أن أفضل الطرق لاستحضار الغاز بوفرة ما يأتى :

أولا : بتأثير حامض الكبريتيك المركز فى حامض عضوى يسمى حامض النمليك ، ويفسر انفصال الغاز منه بأن حامض الكبريتيك المركز ينتزع عنصرى الماء من حامض النمليك فلا يبقى منه إلا غاز أول أوكسيد الكربون الذى ينفرد ويمكن جمعه خالصاً نقياً ويعبر عن هذا الانحلال هكذا [حامض نمليك — ماء = أول أوكسيد الكربون]

ثانياً : بتأثير حامض الكبريتيك المركز فى حامض عضوى يسمى حامض الأوكساليك ، وهو يحوى عناصر الكربون والايدروجين والأوكسيجين فينتزع حامض الكبريتيك منه عنصرى الايدروجين والاكسيجين بنسبة تكوينهما للماء فلا يبقى من الحامض العضوى إلا مزيج من أول وثانى أوكسيد الكربون فاذا أمر مزيج هذين الغازين فى محلول الصودا الكاوية فان المحلول ينتزع منه ثانى أوكسيد الكربون فينفرد أول أوكسيد الكربون ويمكن جمعه ويعبر عن انحلال حامض الأوكساليك هكذا [حامض أوكساليك — ماء = ثانى أوكسيد كربون + أول أوكسيد كربون]

ويسهل إثبات أن هذين الغازين ينتجان بحجمين متساويين ، وذلك بأن يملأ مخبار من الغاز الخارج من (ا) (شكل ١٩) دون إمراره فى قارورة محلول الصودا ، ثم ينكس هذا المخبار فى حوض به محلول الصودا الكاوية فيلاحظ أن المحلول يرتفع فى المخبار إلى أن يملأ نصفه ، ويكون النصف الثانى مملوءاً بغاز أول أوكسيد الكربون

بعض أوصاف أول أوكسيد الكربون وخواصه

تدريب ١٦

صب قليلا من ماء الجير فى مخبار مملوء بأول أوكسيد الكربون النقى ورجه فيه ، لا ترى الماء يتعكر

نكس مخباراً مملوءاً بالغاز وانزع غطاءه ، وزج فيه شمعة رفيعة مشتعلة تجد الشمعة تخمد فى جوف المخبار ، والغاز يشتعل بلهب أزرق عند فوهته

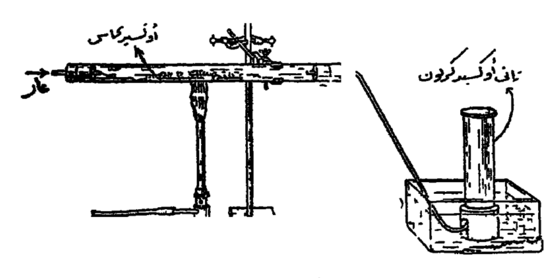
قرب لهب عود ثقاب إلى فوهة مخبار مملوء بالغاز ، وبعد أن يتم احتراق الغاز صب فى المخبار بعض ماء الجير ورجه ، تجد الماء يتعكر ويبيض

انزع الغطاء عن مخبار مملوء بالغاز وأبق المخبار عارياً برهة ، ثم اكشف عن وجود الغاز فيه ، لا تجد له أثراً

املأ زجاجة من زجاجات الصودا بحجمين من أول أوكسيد الكربون وحجم من الأوكسيجين ثم قرب لهباً من فوهة القارورة تحصل فرقعة من اتحاد الغازين

أول أوكسيد الكربون غاز شف لا لون له ولا طعم ولا رائحة وهو عديم الذوبان فى الماء وأخف من الهواء إلا أنه أثقل من الايدروجين ١٤ مرة . وهو غاز متعادل ليس له تأثير فى عباد الشمس بلونيه ، وقد أمكن تحويله إلى سائل يغلى فى (— ١٩٠° م) كما أمكن بالتبريد الشديد أن يتحول إلى مادة صلبة . وهو غاز سام جداً يحدث استنشاقه موتاً مؤكداً إذا زاد على ١ ٠ر٠ من حجم الهواء ، ومما يزيد فى خطره كونه عديم الرائحة فيصعب الشعور بوجوده بحاسة الشم

وأول أوكسيد الكربون لايساعد على الاحتراق ولكنه شديد الميل للاتحاد بالأوكسيجين فيلتهب فى الهواء بلهب أزرق . وينتج عند احتراق الغاز ثانى أوكسيد الكربون . ولشدة ميله للأوكسيجين فانه يستطيع أن ينتزعه من الأكاسيد الفلزية فيحولها إلى فلزات فاذا أمر تيار منه فوق أوكسيد نحاس ساخن فى جهاز كالمبين (بشكل ٢٠) فان أوكسيد النحاس يتحول إلى نحاس ويتأكسد أول أوكسيد الكربون إلى ثانى أوكسيد كربون . ولهذه الخاصة يرى أن أول أوكسيد الكربون عامل اختزال ولذلك ينتفع به فى استخلاص الفلزات من خاماتها (بعد تحويلها إلى أكاسيد) كما فى عملية استخلاص الحديد من أوكسيده فى أفران الحديد



شكل (٢٠)

ومما تقدم يرى أن الغاز كثير الشبه بالأيدروجين ، فكلاهما أخف من الهواء . وكلاهما يحترق ولا يساعد على استمرار الاحتراق ، وكلاهما لايذوب فى الماء ولا يؤثر فى عباد الشمس بلونيه . ويتميز أول أوكسيد الكربون عن الأيدروجين بأن ناتج احتراق الأخير هو الماء وناتج احتراق الأول هو ثانى أوكسيد الكربون ، ولذلك إذا رج ماء الجير فى مخبار من الغاز بعد احتراقه فان الماء يتعكر ويبيض

ويتميز أول أوكسيد الكربون عن ثانى أوكسيد الكربون بخفته وبأنه صعب الأسالة فى حين أن ثانى أوكسيد الكربون صارت إسالته فى الدرجات العادية أمراً سهلا . كذلك يتميز الغازان بأن ثانى أوكسيد الكربون غير

قابل للاحتراق وأول أوكسيد الكربون قابل للاحتراق ، وأن الأول يمتص بسهولة بوساطة محلول الصودا الكاوية فى درجات الحرارة العادية بخلاف أول أوكسيد الكربون الذى لايذوب فى هذا المحلول إلا فى الدرجات العالية للحرارة . ويذوب أول أوكسيد الكربون فى محلول مركز من كلوريد النحاسوز فى حامض الأيدروكلوريك أو فى محلول نشادرى لذلك الكلوريد

تمرين ١٧*

إملأ أنبوبة طويلة بغاز أول أوكسيد الكربون ونكسها فى حوض به زئبق ثم أدخل فيها (بوساطة ماصة صغيرة) قليلا من محلول مركز حمضى من كلوريد النحاسوز ، تر المحلول والزئبق يرتفعان فى الأنبوبة شيئاً فشيئاً لأن المحلول يمتص الغاز من الأنبوبة

ولهذه الخاصة يستخدم محلول كلوريد النحاسوز لفصل أول أوكسيد الكربون عند تحليل مزيج غازات يكون هذا الغاز واحداً منها

التركيب الوزنى لأول أوكسيد الكربون

يمكن تعيين التركيب الوزنى لأول أوكسيد الكربون بامرار هذا الغاز فوق أوكسيد نحاس ساخن معلوم الوزن فيتحول إلى ثانى أوكسيد الكربون الذى يمكن امتصاصه ومعرفة وزنه ، أما أوكسيد النحاس فيختزل بعضه ويتحول إلى نحاس وينقص وزنه بمقدار ما يفقده من الأوكسيجين . ومتى علم وزن ثانى أوكسيد الكربون المتكون أمكن أن يحسب مقدار ما فيه من كربون وأوكسيجين وبذلك يمكن أن يحسب ما فى أول أوكسيد الكربون منهما وتتضح طريقة العمل والحساب فى التدريب الآتى :

تمرين ١٨*

استعمل نفس الجهاز السابق استعماله فى ايجاد التركيب الوزنى لثانى أوكسيد الكربون ، واشحن أنبوبة الاحتراق كلها بأوكسيد نحاس نقى وزنها بما فيها ، واعلم وزن أنابيب الشعبتين بما فيها من جير الصودا ، وصل أنبوبة

الاحتراق بجهاز تحضير أول أوكسيد الكربون وأقم الجهاز كما ترى فى الشكل . وسخن أنبوبة أوكسيد النحاس بشدة ، ثم أمرر تياراً بطيئاً من أول أوكسيد الكربون مدة من الزمن ، تر أوكسيد النحاس يتحول بالاختزال إلى نحاس أحمر ، وأن أول أوكسيد الكربون يتحول إلى ثانى أوكسيد كربون فيمتصه جير الصودا فى أنابيب الشعبتين .

استمر على العمل مدة ثلث ساعة ثم أبعد الموقد ، واترك الجهاز يبرد فى مرور الغاز ، ومتى برد أوقف تيار الغاز ، وأمرر فى الجهاز تياراً من الهواء ليطرد ما فيه من غاز آخر ، ثم زن أنبوبة الاحتراق وأنابيب الشعبتين ، تر الأولى ينقص وزنها والأنابيب تزداد ، ويدل النقص على مقدار الأوكسجين المنتزع من أوكسيد النحاس ، كما يدل الزيادة على مقدار ثانى أوكسيد الكربون المتكون من تأكسد أول أوكسيد الكربون .

دوّن نتائجك كما يلي . والأعداد المذكورة نتيجة عملية دقيقة :

وزن أنبوبة الاحتراق + أوكسيد النحاس قبل العملية = ٤٥ر٠٦٠ جم

» » » + » » » بعد العملية = ٤٤ر٦٣٨ »

∴ » الأوكسجين = ٠ر٤٢٢ »

» أنابيب الشعبتين قبل العملية = ٥٢ر٨٦٥ »

» » » » بعد » = ٥١ر٧٣٢ »

∴ » ثانى أوكسيد الكربون المتكون = ١ر١٣٣ »

∴ » أول أوكسيد الكربون

= ١ر١٣٣ — ٠ر٤٢٢ = ٠ر٧١١ جم

ولكن مقدار الكربون فى ١ر١٣٣ جم من ثانى أوكسيد

الكربون = $\frac{٣}{١١}$ × ١ر١٣٣ = ٠ر٣٠٩ »

(انظر نتيجة التدريب السابق)

وهذا المقدار هو نفس مقدار الكربون الموجود فى ٠ر٧١١ جم من غاز أول أكسيد الكربون

.·. مقدار الأوكسيجين الموجود فى ٧١١ر٠ جم من أول أوكسيد الكربون
= ٧١١ر٠ — ٣٠٩ر٠ = ٤٠٢ر٠ جم

.·. مقدار الأوكسيجين المتحد بجرام من الكربون فى أول أوكسيد الكربون
= $\frac{٠٫٤٠٢}{٠٫٣٠٩}$ = $١\frac{١}{٣}$ جم

أى أن الأوكسيجين والكربون يتحدان بنسبة ٤ : ٣ بالوزن لتكوين هذا الغاز

وبالتأمل فى التركيب الوزنى لكل من ثانى أوكسيد الكربون وأول أوكسيده يرى أن مقدار الأوكسيجين المتحد بجرام من الكربون فى ثانى أوكسيد الكربون ضعف مقداره المتحد بجرام من الكربون فى أول أوكسيد الكربون ، وهذه نتيجة هامة سوف نعود إلى الاشارة إليها فيما بعد

أسئلة

١ — اشرح طريقتين مختلفتين يمكن الحصول بهما على بعض ثانى أوكسيد الكربون من كربونات الكالسيوم

٢ — اذكر أهم أوصاف غاز ثانى اوكسيد الكربون الطبيعية ، وما الذى تفعله للتحقق من أن غازاً شفافاً فى مخبار هو ثانى أوكسيد كربون ؟

٣ — اذكر التفاعلات التى تحدث إذا مر غاز ثانى أوكسيد الكربون فى ماء الجير مدة طويلة ؟

٤ — اذكر بعض منافع غاز ثانى أوكسيد الكربون

٥ — كيف يوجد ثانى أوكسيد الكربون فى العالم ؟

٦ — اذكر الطريقة المتبعة فى المعامل للحصول على بضعة مخابير من ثانى أوكسيد الكربون ، وارسم الجهاز الذى يستخدم واشرح تجربة تثبت بها أن الغاز أثقل من الهواء وأخرى لتثبت أنه قابل للذوبان فى الماء . ما أوصاف محلول الغاز وخواصه ؟

٧ — إذا أعطيت أربعة مخابير أحدها مملوء بالنيتروجين والثانى بالأيدروجين والثالث بأول أوكسيد الكربون والرابع بثانى أوكسيد الكربون ، فكيف تميز الواحد عن الآخر ؟

٨ — كيف يستحضر أول أوكسيد الكربون فى المعمل ، وبم يتميز عن كل من الأيدروجين وثانى أوكسيد الكربون ؟

٩ — بم تعلل وجود لهب فوق مواقد الفحم مع أن الكربون غير قابل للتطاير وأن ثانى أوكسيد الكربون لا يشتعل ؟

١٠ — وازن بين صفات أول أوكسيد الكربون وثانى أوكسيده واذكر الصفات التى يمكن استخدامها للتمييز بينهما .

١١ — كيف يفصل غاز أول أوكسيد الكربون وثانى أوكسيده من مزيج لهما ؟

١٢ — اذكر التفاعل الكيميائى الذى يحدث عند تأثير حامض الكبريتيك المركز فى حامض الأوكساليك واشرح كيف تثبت أن الغازين اللذين ينفصلان من هذا الحامض الأخير يكونان متساويين فى الحجم

١٣ — اشرح تجربة تعين بها النسبة التى يتحد بها الكربون والأوكسيجين بالوزن لتكوين ثانى أوكسيد الكربون

١٤ — اشرح كل ما تفعله لتثبت أن وزن الأوكسيجين المتحد بجرام واحد من الكربون فى ثانى أوكسيد الكربون ضعف وزنه المتحد بجرام من الكربون فى أول أوكسيد الكربون

الباب الثالث

حامض الأيدروكلوريك وغاز الكلور

غاز كلوريد الأيدروجين

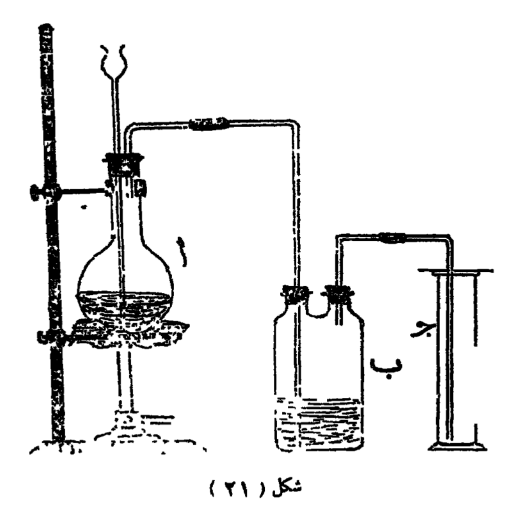
يذوب ملح الطعام فى حامض الكبريتيك المركز، وينبعث عند ذلك غاز حمضى سريع الذوبان فى الماء ويدخن فى الهواء، وتبقى بعد التفاعل مادة بيضاء تختلف عن ملح الطعام فى كل أوصافها وخواصها. ويعرف الغاز الذى ينبعث من هذا التفاعل باسم غاز كلوريد الأيدروجين، أما المادة المتخلفة بعد التسخين وتمام التفاعل فتسمى كبريتات الصوديوم ويعبر عن هذا التفاعل لفظياً بالمعادلة الآتية:

[حامض كبريتيك (مركز) + كلوريد صوديوم ⟵ كبريتات صوديوم + كلوريد ايدروجين]

استحضار غاز كلوريد الايدروجين

*تجربة ١**

أعد الجهاز المبين بشكل ٢١ واجعل فى القارورة (ا) بعضاً من ملح الطعام الصخرى، واملأ ربع قارورة الغسيل (ب) بحامض كبريتيك مركز. ثم صب على الملح حامض كبريتيك مركز، وسخن القارورة بنار هادئة. ينبعث غاز كلوريد الايدروجين فيها ويمر فى قارورة الغسيل فيجففه حامض الكبريتيك. ويمكنك أن تجمعه بعد ذلك فى مخابير جافة بالازاحة السفلية



شكل (٢١)

بعض أوصاف كلوريد الايدروجين وخواصه

تمرين ٢

(ا) انزع الغطاء عن مخبار مملوء بكلوريد الايدروجين . تلاحظ أن الغاز يدخن بشدة . كما أنك تجد له رائحة حمضية خانقة .

(ب) اغمر فى المخبار شمعة رفيعة مشتعلة . تخمد الشمعة فى الحال ولا يلتهب الغاز فى المخبار

(ح) نكس مخباراً مملوءاً بالغاز فى حوض ماء . ثم أبعد الغطاء عنه . تلاحظ سرعة اندفاع الماء فى المخبار . إلى أن يملأه .

غط المخبار بعد ذلك وارفعه من الحوض وضعه على المنضدة . ثم اكشف عن الماء فيه بورقة عباد شمس زرقاء . تجدها تحمر بسرعة

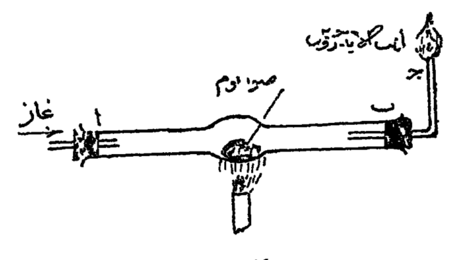
غاز كلوريد الايدروجين عديم اللون شفف ذو رائحة خانقة نفاذة

مهيجة وطعم حامض لاذع . وهو شديد الميل للماء لدرجة أنه إذا عرض للهواء يمتزج بالماء فيه فينتشر منه ضباب أبيض كثيف . والغاز شديد الذوبان فى الماء إذ يذيب حجم الماء فى الدرجات المعتادة قدر ٥٠٠ حجم من الغاز ، ولشدة ذوبان الغاز لايمكن جمعه فوق الماء بل يجنى فوق الزئبق أو بازاحة الهواء إلى أعلى . وغاز كلوريد الايدروجين أثقل من الهواء إذ تبلغ كثافته $\frac{٤}{٣}$ كثافة الهواء تقريباً وهو إذا كان جافا لايكون له تأثير فى ورق عباد الشمس أما إذا كان رطباً فانه يغير لون الأزرق منه إلى أحمر . والغاز لا يشتعل ولا يساعد على استمرار الاشتعال .

فعل الغاز فى الفلزات

تجربة

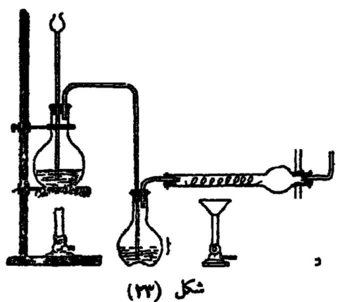
ضع قطعة من الصوديوم فى انتفاخ أنبوبة (ا ب) تصلها من أحد طرفيها بجهاز توليد غاز كلوريد الايدروجين ، وسد الطرف الثانى بسداد تنفذ منه أنبوبة (ﺟ) على شكل قائمة (شكل ٢٢) . ثبت الأنبوبة (ا ب) فى وضع أفقى ، وأمرر فيها تياراً من كلوريد الأيدورجين الجاف ، ثم سخن الصوديوم تره يشتعل ويتكون عنه مسحوق أبيض يبقى فى الانتفاخ ويخرج من الأنبوبة (ﺟ) غاز أيدروجين يمكن أن تلهبه عند طرفها الخالص



شكل (٢٢)

أوقف الغاز ، واترك الأنبوبة حتى تبرد ، ثم افحص المادة التى تتخلف فى الأنبوبة ، تجدها تشبه ملح الطعام فى كل شىء وهى فى الحقيقة كلوريد الصوديوم .

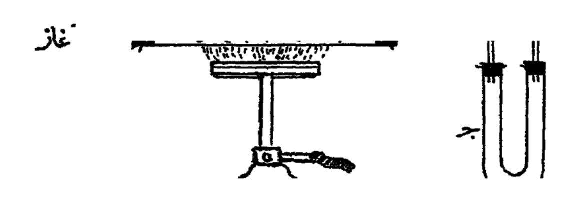
يؤثر غاز كلوريد الايدروجين فى بعض الفلزات ، مثل الصوديوم والبوتاسيوم والخارصين والحديد (شكل ٢٣) فيحل الفلز محل ايدروجين الغاز مكوناً كلوريدالفلز، أماالايدروجين فينفرد . ويعبر عن التفاعل فى التدريب السابق هكذا [كلوريد ايدروجين + صوديوم ← كلوريد صوديوم + ايدروجين]



شكل (٢٣)

عمل الغاز فى الأكاسيد القاعدية

أقم الجهاز المبين (بشكل ٢٤) واشحن الأنبوبة ا ب بقليل من الجير الحى المسحوق بحيث لا يعوق سير الهواء فيها



شكل (٢٤)

واغمر أنبوبة الشعبتين حـ فى كأس به ماء بارد . ثم سخن الجير وامرر فوقه تياراً بطيئاً من كلوريد ايدروجين جاف ، وراقب ما يحدث للجير وما يتكون فى أنبوبة الشعبتين وفى الجزء البارد من ا ب . أوقف تيار الغاز بعد أن يتجمع فى حـ مقدار كاف من السائل المتكون فيها ، ثم أبعد اللهب واترك الجهاز إلى أن يبرد .

اكشف عن السائل المتجمع فى (ﺟ) (بوساطة كبريتات نحاس غير مائى) تتحقق من أنه ماء . [قد يكون لهذا الماء تأثير حمضى فى عباد الشمس ويكون ذلك التأثير راجعاً لذوبان بعض كلوريد ايدروجين لم يكن قد أثر فى الجير] .

افحص الأنبوبة (ا ب) تجد فيها مادة بيضاء تختلف عن الجير فى أنها سريعة الذوبان فى الماء وأنها تتميع إذا عرضت للهواء ، وهى كلوريد كالسيوم

يؤثر كلوريد الايدروجين فى الأكاسيد الفلزية فيحدث مع كل منها ملحاً (هو كلوريد الفلز) وماء . ويمثل التفاعل فى التدريب السابق هكذا [كلوريد ايدروجين + أوكسيد كالسيوم ⟵ كلوريد كالسيوم + ماء] وواضح أن الماء الحادث فى مثل هذا التفاعل يحدث من اتحاد ايدروجين الغاز بأوكسيجين الأوكسيد .

فعل العوامل المؤكسدة فى الغاز : تأكسد كلوريد الايدروجين

٥ *

أعد العمل المشروح فى التدريب السابق ، واستعمل ثانى أوكسيد المنجنيز أو فوق أوكسيد الرصاص بدلا من أوكسيد الكالسيوم . تحصل على ماء يتجمع فى أنبوبة الشعبتين (ﺟ) ويخرج من (د) غاز أخضر مشوب باصفرار يتميز برائحة خانقة . وإذا قربت منه ورقة عباد شمس زرقاء فانها تحمر أولا ثم يبيض لونها ويتخلف فى ا ب ملح أبيض هو كلوريد الرصاص

يؤثر كلوريد الايدروجين فى طائفة من الأكاسيد فيحدث عن تأثيره ثلاث مواد هى كلوريد الفلز وماء وغاز أخضر ذو رائحة خانقة يسمى الكلور (Chlorine) وتسمى مثل هذه الأكاسيد « أكاسيد مؤكسدة » (Peroxides) ويفسر انفصال غاز الكلور فى مثل التدريب السابق بأن هذه الأكاسيد تحوى مقداراً وافراً من الأوكسيجين يتحد بعضه بايدروجين كلوريد الايدروجين مكوناً للماء وبعضه يؤكسد جزءاً آخر من كلوريد الايدوجين فيحدث من هذا التأكسد الماء وغاز الكلور

فانفصال الكلور من كلوريد الايدروجين هو إذن نتيجة تأكسد الآخر

فعل كلوريد الايدروجين فى النشادر

تمرين ٦*

املأ مخاراً بغاز النشادر ، وآخر بغاز كلوريد الايدروجين ، وغط كلا منهما بقرص من الزجاج ، ونكس أحدهما فوق الآخر ، ثم انزع الغطاءين (شكل ٢٥) تتكون فى المخبار سحب بيضاء متكاثفة هى عبارة عن مسحوق أبيض تسهل إذابته فى الماء .



شكل (٢٥)

يتحد غاز كلوريد الايدروجين مباشرة بالنشادر بمجرد تلامسهما . ويحدث عن هذا الاتحاد ملح أبيض اسمه كلوريد الأمونيوم ، المعروف بملح النشادر [نشادر + كلوريد ايدروجين ← كلوريد أمونيوم] . وينتفع بهذه الظاهرة فى تمييز غاز كلوريد الايدروجين أو محلوله .

التكوين الحجمى لكلوريد الأيدروجين

أثبتنا أن كلوريد الأيدروجين يتفاعل مع الصوديوم أو الحديد فينفرد الأيدروجين ويتفاعل مع ثانى أوكسيد المنجنيز فيخرج الكلور وفى هذا دليل على أن الغاز يحوى الكلور والأيدروجين وسنثبت فيما يلى أن كلوريد الأيدروجين لايحوى سوى هذين الغازين وسنعين أيضاً نسبة وجودهما فيه من جهة الحجم

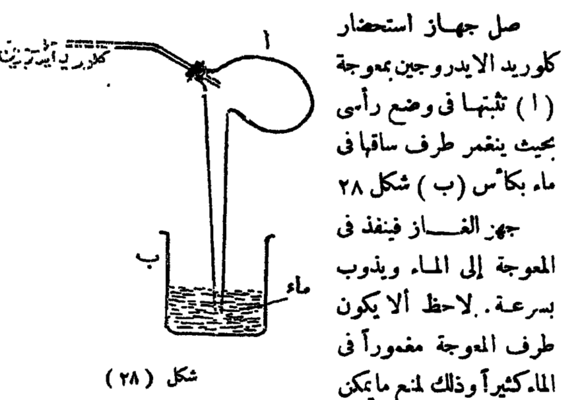
أولا : بالتحليل

تمرين ٧*

جهز فلولتامترا للتحليل الكهربى بساريتين من الكربون ، وافتح الصنبورين

محلول كلوريد الايدروجين : حامض الايدروكلوريك

تدريب



شكل (٢٨)

صل جهاز استحضار كلوريد الايدروجين بمعوجة (ا) تثبتها فى وضع رأسى بحيث ينغمر طرف ساقها فى ماء بكأس (ب) شكل ٢٨

جهز الغاز فينفذ فى المعوجة إلى الماء ويذوب بسرعة . لاحظ ألا يكون طرف المعوجة مغموراً فى الماء كثيراً وذلك لمنع ما يمكن أن يحدث من اندفاع الماء إلى جهاز استحضار الغاز لسرعة ذوبانه

استمر على إمرار الغاز فى الماء حتى تحصل فى الكأس على محلول مشبع به المحلول الذى حصلت عليه فى هذا التدريب هو الذى نعرفه باسم حامض الايدروكلوريك

اختبر هذا المحلول كما يأتى :

أولا : اغمس فيه ورقة عباد شمس زرقاء تحمر بسرعة

ثانياً : صب بعض هذا المحلول على برادة حديد بأنبوبة اختبار ، تجده يذيبها مع انبعاث إيدروجين

ثالثاً : صب بعض المحلول على قليل من كربونات الصوديوم فى أنبوبة اختبار تره يذيب الكربونات مع حدوث فوران شديد من أثر تصاعد غاز ثانى أوكسيد الكربون

رابعاً : امزج بعض هذا المحلول بقطرات من محلول نيترات الفضة فى أنبوبة اختبار ، يحدث راسب أبيض (هو كلوريد الفضة)

وازن بين هذا المحلول وبين ما تعرفه فى المعمل باسم حامض الايدروكلوريك تجدهما سواء فى الخواص السابقة

المحلول الذى حصلت عليه فى التدريب السابق هو الذى نعرفه باسم حامض الايدروكلوريك (Hydrochloric Acid) ، وكان أول من جهزه جلوبر (Glauber) عام ١٦٥٨ بفعل حامض الكبريتيك المركز فى ملح الطعام ولا يجهز للتجارة الآن بهذه الطريقة

بعض أوصاف حامض الايدروكلوريك :

محلول كلوريد الايدروجين سائل يكاد يكون صافياً عديم اللون إذا كان نقياً ولا يتخلف عنه أى باق صلب إذا بخر فى جفنة من البلاتين . وكثافة أقوى محلول للغاز هى ١٫٢ جم / سم^{3} وهذا المحلول يحوى من الغاز بقدر ٤١٫٠/٠ من وزنه ، وهو المعروف باسم حامض الايدروكلوريك المركز ولهذا الحامض طعم لاسع وتأثير حمضى فى عباد الشمس ، وهو جيد التوصيل للكهربية ، وإذا أمر فيه تيار كهربى فى فولتامتر ينفصل منه غازا الايدروجين والكلور

فعل الحامض فى الفلزات :

يؤثر حامض الايدروكلوريك فى كثير من الفلزات فيذوب بعضها فيه وهو مخفف مثل الحديد والخارصين والماغنيسيوم والألومينيوم والبعض كالرصاص لا يتأثر إلا إذا كان الحامض مركزاً ساخناً

وفى كل الأحوال التى يذوب فيها الفلز يحل الفلز محل ايدروجين الحامض فيتكون كلوريد الفلز ، أما الايدروجين فينفرد ويمكن جمعه . وليلاحظ أن تفاعل الحامض فى هذه الأحوال هو نفس ما يحدث من كلوريد الايدروجين إذا أثر فى الفلزات

فعل حامض الأيدروكلوريك فى الأكاسد

تدريب ١٠*

أولاً : الأكاسيد القاعدية

خذ بعض حامض الأيدروكلوريك المخفف فى جفنة، وأضف إليه جيراً حياً قطعة بعد أخرى، تر الجير يذوب وترتفع درجة الحرارة ارتفاعاً محسوساً يدل على تفاعل كيماوى بين الحامض والجير ولكن لا يحدث أى فوران يدل على انفصال فقاقيع غازية. رشح المحلول بعد أن تكون قد أذبت فيه أكبر مقدار من الجير، ثم اختبر الرشيح بورق عباد شمس أزرق وأحمر، لا ترى للمحلول تأثيراً فيها. سخن المحلول لدرجة الجفاف فى طبق من الخزف، تتخلف منه مادة بيضاء سهلة الذوبان فى الماء سريعة التميع فى الهواء، هى كلوريد الكالسيوم.

ثانياً : الأكاسيد المؤكسدة

خذ قليلا من ثانى أوكسيد المنجنيز فى أنوبة اختبار تجعل لها سداداً تنفذ منه أنوبة على شكل قائمة، ثم صب على الأوكسيد بعض حامض الأيدروكلوريك المركز وسد الأنبوبة بسدادها ثم سخنها بلطف، تشاهد فورانا حاداً ينشأ من انبعاث غاز أخضر ذى اصفرار وإذا قربت منه ورقة عباد شمس زرقاء مبللة بالماء تراها تبيض ويزول لونها، فهذا الغاز هو غاز الكلور وتاثير حامض الأيدروكلوريك فى الأكاسيد القاعدية والفوقية هو نفس تأثير غاز كلوريد الايدروجين تماماً. فمع الأولى يحدث كلوريد الفلز وماء ومع الثانية يحدث كلوريد الفلز وماء وغاز الكلور.

فعل حامض الأيدروكلوريك فى الأيدروكسيدات

يتعادل حامض الأيدروكلوريك مع الايدروكسيدات، ويتكون من التعادل ملح وماء، فمع الصودا الكاوية يتكون كلوريد الصوديوم ومع الجير المطفأ يتكون كلوريد الكالسيوم ومع أيدروكسيد الأمونيوم يحدث

كلوريد الأومونوم ويعبر عن التعادل مع الصودا الكاوية هكذا
[ايدروكسيد صوديوم + حامض ايدروكلوريك ⟵ كلوريد صوديوم
+ ماء .]

فعل حامض الأيدروكلوريك فى الكربونات

تدريب ١١*

صب بعض حامض الأيدروكلوريك المخفف على قليل من كربونات الصوديوم فى أنبوبة اختبار ، يحدث فوران شديد من أثر انبعاث غاز يسهل التأكد من أنه ثانى أوكسيد الكربون ، ويذوب الكربونات بسرعة . وعند ما يذوب كل الكربونات بخر السائل الحادث فى جفنة لدرجة الجفاف تحصل على كلوريد صوديوم (ملح الطعام) .

وإذا أعدت العمل باستعمال كربونات الكالسيوم بدلا من كربونات الصوديوم ، فانك تحصل على كلوريد الكالسيوم .

[كربونات صوديوم + حامض أيدروكلوريك ⟵ كلوريد صوديوم
+ ماء + ثانى أوكسيد كربون]

غاز الكلور

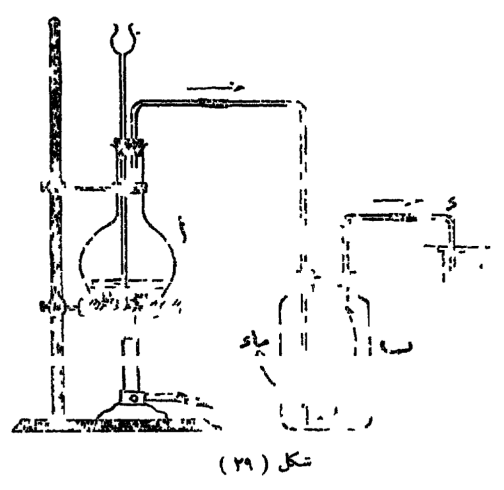
لا يوجد الكلور فى العالم منفرداً ، ولكنه يوجد متحداً فى مركبات تعرف بالكلوريدات أهمها : ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) ، وكلوريد البوتاسيوم ، وكلوريد الماغنيسيوم . وكذلك يوجد الكلور فى البنية الحيوانية متحداً بالفلزات بشكل كلوريدات ، فالدم وجميع السوائل فى الأجسام الحيوانية تحوى كثيراً من هذه المركبات

ويتولد غاز الكلور عند تأكسد حامض الأيدروكلوريك بأحد العوامل المؤكسدة ، مثل ثانى أوكسيد المنجنيز أو فوق أوكسيد الرصاص

استحضار غاز الكلور

تمرين ١٢*

أقم الجهاز المبين (بشكل ٢٩) واجعل فى القارورة (ا) مقداراً من ثانى أوكسيد المنجنيز وفى القارورة (ب) بعض الماء، وأحكم وضع السدادات بحيث يكون الجهاز كله مانعاً للهواء . وصب فى القمع حامض أيدروكلوريك



شكل (٢٩)

مركز يكفى لأن يغطى الأوكسيد تماماً ، ثم سخن (ا) تسخيناً هادئاً فينفرد غاز الكلور من تفاعل الحامض مع الأوكسيد ، ويمر هذا الغاز فى القارورة (ب) فيذيب الماء ما يكون مختلطاً به من غاز كلورور الأيدروجين

اجمع الغاز فى مخابير (مثل ج) بالازاحة السفلية . وتسهل معرفة امتلاء المخبار بلون الغاز فيه وكلما ملأت مخباراً غطه بقرص من الزجاج مشحم واملأ غيره ومتى ملأت كل المخابير التى تريدها أغمر أنبوبة التوصيل (د) فى قارورة بها جير مطفأ ، وذلك عند عدم الحاجة إلى الغاز

أفضل طريقة للحصول على غاز الكلور فى المعمل أن يؤكسد حامض

الأيدروكلوريك المركز بتسخينه مع عامل مؤكسد مثل ثانى أوكسيد المنجنيز فى جهاز كالمبين (بشكل ٢٩) وإذا أريد الحصول على الغاز جافاً يمرر فى حامض كبريتيك مركز بقارورة تدمج فى الجهاز بين قارورة الغسيل (ب) وأنبوبة التوصيل (د)

ويمكن الاستعاضة عن حامض الأيدروكلوريك المركز فى هذه العملية بحامض الكبريتيك المركز وملح الطعام فيوضع فى القارورة (ا) مزيج من ملح الطعام وثانى أوكسيد المنجنيز ثم يصب حامض الكبريتيك المركز على الخليط من القمع ويجرى العمل السابق . ويمكن إيضاح التفاعل فى هذه الحالة هكذا

أولا : يؤثر حامض الكبريتيك المركز فى ملح الطعام منتجاً كلوريد الأيدروجين

ثانياً : يتأكسد كلوريد الايدروجين (الحادث) بثانى أوكسيد المنجنيز فيفرد الكلور منه

صناعة الكلور

يصنع الكلور للتجارة بطرق كثيرة نكتفى أن نذكر منها ما يأتي :

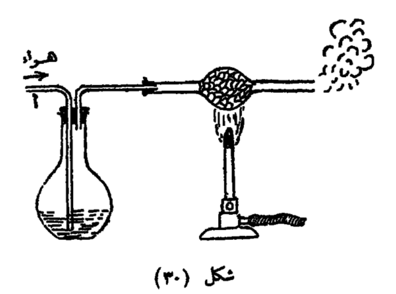
أولا : الطرق القديمة

(ا) طريقة ولدن (Weldon's Method)

يجهز الكلور فى هذه الطريقة بتأثير حامض الأيدروكلوريك المركز فى البيرولوسيت (Pyrolusite) ، وهو ثانى أوكسيد المنجنيز ، ولا يهمل كلوريد المنجنيز الحادث من التفاعل بل ينتفع به فى تكوين ثانى أوكسيد المنجنيز بطريقة استنبطها ولدن . وذلك بأن يضاف إلى السائل الساخن المتخلف من العملية مقدار فائض من لبن الجير فيتحول كلوريد المنجنيز إلى ايدروكسيد منجنيز، ثم يمرر فى الخليط تيار من الهواء فيتحول الايدروكسيد إلى ثانى أوكسيد منجنيز . فاذا ترك الخليط ساكناً رسب فيه راسب يسمى عجينة ولدن ، وهو عبارة عن خليط من ثانى أوكسيد المنجنيز والجير. وهذه العجينة تقوم مقام البيرولوسيت فى تجهيز الكلور .

(ب) طريقة ديكن (Deacon's Process)

يستخدم الهواء فى هذه الطريقة فى أكسدة حامض الأيدروكلوريك ، فيمرر مزيج من الهواء وغاز كلوريد الأيدروجين فى أنابيب مسخنة لدرجة (٤٠٠°م) ومشحونة بحجر خفاف مبلل بمحلول كلوريد نحاسوز فيتأكسد الغاز بأوكسيجين الهواء وينفرد منه الكلور . وتتضح هذه الطريقة من (شكل ٣٠)



شكل (٣٠)

ثانياً : الطريقة الحديثة

فى هذه الطريقة يحلل محلول ملح الطعام بالكهربية فينحل الملح إلى عنصريه وهما الكلور والصوديوم [كلوريد صوديوم ←— كلور + صوديوم] فأما الصوديوم فيتفاعل مع الماء الموجود مكونا ايدروكسيد صوديوم وايدروجين [صوديوم + ماء ←— صودا كاوية + ايدروجين] وأما الكلور فيوجه فى أنابيب خاصة إلى أجهزة لتبريده وتحويله إلى سائل يحفظ فى اسطوانات من الحديد . أو يمرر فى جير مطفأ ويصنع منه المسحوق المعروف بالمسحوق المزيل للألوان .

بعض أوصاف الكلور وخواصه

الكلور فى الدرجات العادية غاز أخضر ذو اصفرار ، وهو ثقيل يزن الحجم منه أكثر من ضعف وزن حجم مثله من الهواء ، ولذلك فهو يجمع بازاحة

الهواء إلى أعلى . وهو يذوب فى الماء ، وكل ١٠٠ حجم من الماء تذيب ٢٢٥ر٥ حجم من الغاز فى ٢٠° م ، ويسمى المحلول ماء الكلور . وإذا استنشق الغاز فانه يؤثر فى أغشية أعضاء التنفس فيسبب اختناقاً إذا كان مقداره كبيراً ، وسعالا إذا استنشق منه قدر صغير ، وفى هذه الحالة يمكن تخفيف تأثيره باستنشاق بخار الكحول أو النشادر . وقد أمكن إسالة الكلور بالتبريد لدرجة الصفر مع الضغط بما يساوى ستة أجواء

والكلور لا يحترق ولا يساعد على استمرار الاحتراق العادى ، فاذا قرب لهب عود كبريت إلى فوهة مخبار مملوء بالكلور فان اللهب يخمد ولا يحترق الغاز

تدريب ١٣* اتحاد الكلور بالفلزات

(ا) ألق قليلا من مسحوق الأنتيمون فى مخبار مملوء بالكلور ، يلتهب الأنتيمون بسرعة ويتحد بالكلور مكوناً لمسحوق ناعم هو كلوريد الأنتيمون

(ب) اصهر قطعة من الصوديوم فى ملعقة احتراق وأدخلها فى مخبار مملوء بالكلور ، يحترق الصوديوم بلهب أصفر ذهبى ، وتتكون فى المخبار مادة بيضاء ذات طعم مالح هى كلوريد الصوديوم

تدريب ١٤* اتحاد الكلور بالعناصر غير الفلزية

ضع قطعة من الفوسفور على ملعقة احتراق وأدل الملعقة فى مخبار من الكلور ، يلتهب الفوسفور فوراً مكوناً خامس كلوريد الفوسفور وهو مادة صلبة تتفاعل بسرعة مع الماء إذا كان المخبار مبللا . وإذا كان مقدار الفوسفور كبيراً يتكون مع خامس كلوريد الفوسفور كلوريد آخر هو ثالث كلوريد الفوسفور

يتحد الكلور بكثير من العناصر بشدة وسرعة ، ولسبب ميله للاتحاد يتحد الغاز ببعض الفلزات فى الدرجات العادية للحرارة ، فيكفى أن يلقى

مسحوق الأنتيمون فى الغاز ليتحد العنصران أحدهما بالآخر بشدة تكفى لاتقاد المسحوق . وإذا ألقى فى الغاز أوراق الفلز الفلمكى الذى يحتوى على كثير من النحاس، فان الأوراق تلتهب فى الغاز بسرعة . أما الصوديوم والزئبق فيتحدان بالغاز بعد تسخينهما . وفى جميع الأحوال السابقة تكون نتيجة اتحاد الكلور بالفلز تكوين كلوريد الفلز

ويتحد الكلور بكثير من العناصر غير الفلزية أيضاً فيتحد مباشرة بالفوسفور الذى يلتهب بمجرد ملامسته للغاز، ويمكن اتحاد الكلور بالكبريت أيضاً فى الدرجات العالية للحرارة ،كما أمكن الحصول على مادة تعرف باسم رابع كلوريد الكربون وذلك بمعاملة ثانى كبريتيد الكربون بغاز الكلور . وتستعمل هذه المادة فى إذابة الدهون وفى إطفاء الحرائق فتستخدم فى مضخات خاصة (شكل ٣١) تدفعـــه على النار فيتبخر ، وبخاره الثقيل يحجز الهواء عن النار فتخمد ، وترى هذه المضخات كثيراً فى السيارات العامة فى المدن . ويستخدم رابع كلوريد الكربون فى الطب دواء لقتل الديدان التى تسكن الأمعاء

شكل (٣١)

اتحاد الكلور والايدروجين

١٥*

(ا) املأ مخباراً بالايدروجين ، ونكس فوقه آخر مملوءاً بالكلور وانزع غطاءيهما واتركهما كذلك مدة من الزمن حتى يمتزج الغازان تماماً . أبعد أحد المخبارين عن الآخر وقرب لفوهة كل منهما لهب عود من الثقاب تحدث فرقعة مسموعة وتتكون فى المخبارين سحب كثيفة من غاز يغير لون ورقة عباد شمس زرقاء إذا ألقيت فيه ويصيرها حمراء . لاحظ أن لون الكلور الأخضر يزول من المخبارين

(ب) املأ مخباراً بالايدروجين ونكسه ، وألهب الغاز عند فوهته ، ثم أدخل فيه ببطء أنبوبة توصيل من جهاز استحضار الكلور ، تر الكلور

يلتهب عنـد مروره فى لهب الايدروجين ويستمر على الالتهـاب فى جوف المخبـار الذى يمتلىء إذ ذاك بأبخرة متكاثفة ثم يخمـد الـكلور متى امتلأ المخبار بهذه الأبخرة .

اكشف عن تأثير هذه الأبخرة فى ورقة عباد شمس زرقاء تجدها تحمر ، فهـذه الأبخرة هى كلوريد الايدروجين (شكل ٣٢)

انبوب الكلور
ايدروجين
كلور

شكل (٣٢)

(ج) أدل نافورة من الايدروجين الملتهب فى قارورة مملوءة بالـكلور ، يستمر الايدروجين على الاشتعال فى جو الـكلور ، ويمتلىء المخبار بغاز يؤثر فى عباد الشمس الأزرق (هو كلوريد الايدروجين) ويبقى الايدروجين ملتهباً حتى ينفد كل الـكلور (شكل ٣٣)

(د) أدفىء بعض زيت التربنتينا فى أنبوبة اختبار ، وصبه على ورقة ترشيح جافـة ، ثم ألق الورقة بسرعة فى مخبار مملوء بالـكلور ، تر الزيت يشتعل بسرعة ، وتحترق الورقة ، ويمتلىء المخبار بسحب سـوداء متـكاثفة (كربون) ترسب على جدار المخبار .

شكل (٣٣)

أدل فى المخبار بعد ذلك ورقة عباد شمس زرقاء مبللة بالماء ، تجدها تحمر وذلك لوجود غاز كلوريد الايدروجين .

(ه) ألصق شمعة صغيرة على ملعقـة احتراق وأدلها مشتعلة فى مخبار من الـكلور ، ترها تستمر على الاشتعال بلهب ضعيف ينبعث منه كثير من الـكربون على شكل مسحوق ناعم . ويختفى الـكلور بلونه الأخضر ، ويتـكون بدله فى المخبار غاز كلوريد الايدروجين (شكل ٣٤)

شكل (٣٤)

للكلور ميل شديد للاتحاد بالايدروجين ، فاذا مزج الغازان فى إناء وعرض المزيج لتأثير شرر كهربى أو للحرارة فان الغازين يتحدان مع حدوث فرقعة ، ويتولد من اتحادهما غاز كلوريد الايدروجين . وضوء الشمس المنتشر يحدث هذا الاتحاد أيضاً [كلور + ايدروجين ← كلوريد ايدروجين]

وبسبب ميل الكلور للاتحاد بالايدروجين يمكن أن يلتهب كل منهما إذا أحيط بجو من الثانى . وفى هذا مثال على أن القابلية للاحتراق والمساعدة عليه نسبيان فقط فالكلور الذى لا يحترق فى الهواء قابل للاحتراق فى جو من الايدروجين كما أنه يساعد على استمرار احتراق الايدروجين فيه وذلك لأن أحد هذين الغازين قابل للاتحاد بالثانى . ولسبب هذا الميل أيضاً يقوى الكلور على انتزاع الايدروجين من المركبات التى يكون موجوداً فيها فالشمعة تشتعل فى الكلور ولكن بلهب معتم ذى دخان كثير ، وكذلك يلتهب زيت التربنتينا فى هذا الغاز ، وذلك لأن كلا من الشمع والزيت يحوى عنصرى الكربون والايدروجين ، فالكلور ينتزع الايدروجين من كل منهما ، ويتحد به مكوناً كلوريد الايدروجين ، أما الكربون فيبقى ويرسب على شكل مسحوق أسود .

تدريب ١٦* فعل الكلور فى الماء

(ا) أمرر تياراً من الكلور فى مخبار به قليل من الماء . تر الماء يكتسب لون الكلور ورائحته . ويعرف المحلول باسم ماء الكلور .

(ب) املأ بماء الكلور أنبوبة طويلة وسدها بأصبعك ونكسها فى كأس به نفس المحلول (شكل ٣٥) وعرض الجهاز كله لضوء الشمس . تلاحظ أن المحلول يفقد

شكل (٣٥)

لونه شيئاً فشيئاً ، وأن فقاعات غازية تنبعث منـه وتتصاعد ببطء متجمعة فى أعلى الأنبوبة .

اترك الانبوبة حتى يتجمع فيها مقداروافر من هذا الغاز ، ثم أخرجها من الكأس بعد أن تسـدها بأصبعك واكشف عن الغاز فيهـا تتحقق من أنه أوكسيجين .

اكشف عن السـائل المتخلف فى الأنبوبة تجد أن به حامض الأيدروكلوريك

تدريب ١٧ * الـكلور وإزالة الألوان

(ا) أمرر غاز الـكلور فى كأس به محلول نيلة زرقاء ، يفقد المحلول لونه حتى يكاد يصير صافياً عديم اللون .

(ب) خـذ ورقة من أوراق الجرائد المطبوعة واكتب عليهـا بضع كلمات بالمداد المعتاد وألق الورقة فى مخبار من الكلور تر الـكلمات التى كتبتها قد زالت أما المطبوعة فتبقى

(ج) ألق بعض قطع من كلوريد الـكالسيوم فى مخبار من الـكلور وغط المخبار بقرص من الزجاج واتركه زمناً حتى يجف الغاز تماماً ثم أسقط فيه بعض زهور جافة أو قطعة من نسيج ملون تجدها تحتفظ بألوانها

(د) أعد العمل المشروح فى ج واستعمل كلوراً غير مجفف وزهوراً مبللة بالماء تر الزهور تفقد ألوانها بسرعة وتبيض .

للـكلور فعل قوى فى إزالة الألوان بشرط وجود الماء فاذا ألقيت فيـه أجسام ملونة بأصباغ نباتية فانها تفقد لونها بسرعة إذا كانت مندّاة أما إذا كان الغاز جافا أو لم يكن الجسم مبتلا بالماء امتنع تأثير الغاز فى إزالة الألوان أو ضـعفت قوته حتى أن اللون لا يزول إلا بعد بضع سـاعات ويستنتج من ذلك أن هذا التأثير يتوقف على وجود الماء والحقيقة أنه مبنى على شـدة ميل الكلور للايدروجين وقدرته على انتزاعه من الأجسام الموجود فيها فاذا

ما وجد الماء يتحد الكلور بالايدروجين فينفصل الأوكسيجين الذى يكون عند تولده فى الحالة الذرية أى على شكل ذرات . ولما كانت الذرات لاتوحد على حالة انفراد فانها تكون شديدة الميل للاتحاد الكيميائى فتؤكسد هده الذرات الاوكسيجينية المواد الملونة فيزول لونها ويعبر عن فعل الكلور بالمعادلة الآتية :

كلور + ماء = غاز حامض الايدروكلوريك + أوكسيجين (فى حالة تولد)

ملاحظة : يكون الغاز فى حالة تسمى (الحالة الذرية أو الحديثة) فى الوقت الذى يتولد فيه ، وفى هده اللحظة يكون الغاز أقوى فعلا وأشد تأثيراً منه بعد دلك

فعل التبييض إذن فى الحقيقة عملية تأكسد ويدهى أن مصدر الأوكسيجين فى هده الحالة ليس هو الكلور بل الماء ومن هدا يفهم ضرورة وجود الأخير

ويفسد محلول الكلور بتعريضه للضوء فيزول لونه تدريجياً ويرجع السبب فى ذلك إلى ميل الغاز للايدروجين فهو يجد الايدروجين فى الماء فينتزعه منه ويتحد به مكوناً كلوريد الايدروجين الدى يتضح وجوده فى الماء بتاثيره الحمضى فى عباد الشمس . أما أوكسيجين الماء فينفرد

(كلور + أوكسيد إيدروجين (ماء) ← كلوريد إيدروجين + أوكسيجين)

ولهدا السبب يحفظ ماء الكلور فى قوارير ملونة تحجبه عن ضوء الشمس

ويقتصر فعل الكلور فى إزالة الألوان على الأصباغ التى من أصل نباتى أو حيوانى لأنها أسرع فى التأكسد ولدا يستخدم الكلور فى تبييض المنسوجات القطنية أو الكتانية أما المواد الحيوانية كالصوف والحرير فلا تبيض به لأنه يتلفها وليس للكلور فعل فى الألوان ذات الأصل المعدنى كما أنه لايقوى على إزالة الألوان السوداء التى يرجع سوادها إلى وجود الكربون فيها مثل حبر المطابع

مسحوق إزالة الألوان

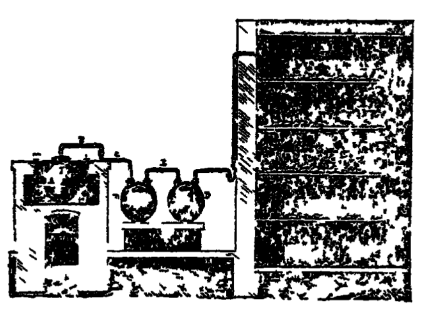
تدريب ١٨*

أمرر غاز الكلور فى قارورة تحوى بعض جير مطفأ حديث وبعد مدة من الزمن أفرغ محتويات القارورة فى طبق من الخزف ، تجد أن الجير قد اكتسب كثيراً من رائحة الكلور .

خذ بعض المسحوق الحادث فى أنبوبة اختبار وأضف اليه قطرات من حامض ايدروكلوريك مخفف . تلاحظ تفاعلا بين المادتين وفوراناً ينشأ من تصاعد فقاقيع غازية تلون الأنبوبة بلون أخضر ذى اصفرار .

اكتشف عن تأثير هذا الغاز فى ورقة عباد شمس زرقاء مبللة بالماء ، تجد أنه يزيل لون الورقة ، فهذا الغاز هو غاز الكلور .

يستخدم الكلور الآن فى أغراض كثيرة ، إلا أن من المتعذر حفظه ونقله بشكله الغازى أو بشكل ماء الكلور ولذلك يستعاض عنه بمادة تحتوى عليه ويسهل إخراجه منها، وتسمى المسحوق المزيل للألوان . وهى عبارة عن مسحوق أبيض فيه رائحة خفيفة من رائحة الكلور . ويستحضر هذا المسحوق للتجارة بأن يمرر تيار من الكلور على جير مطفأ جيد يجعل طبقات على رفوف مصفوفة حول جدران قاعات خاصة (شكل ٣٦) .



شكل (٣٦)

ومن صفات هذا المسحوق سرعة انفصال الكلور منه بالحوامض ولو كانت مخففة ، ولهذا السبب يفسد إذا كثر تعرضه للهواء الرطب لأن الكلور يخرج منه بتأثير حامض الكربونيك . ولاستعمال المسحوق فى تبييض الأقمشة مثلا تغسل غسلا جيداً ثم تغمس فى محلول صافى للمسحوق حتى تتشبع به ، ثم تنقل وتغمس فى حامض أيدروكلوريك مخفف ، فينفصل الكلور ويعمل عمله فى التبييض . ومتى زال اللون تماماً تغسل الأقمشة بالماء جيداً وتجفف وتنق من آثار الكلور التى تبقى عالقة بها [وذلك بمعاملتها بمواد مضادة للكلور مثل كبريتات الصوديوم الكبريتى المعروف باسم ملح الفوتوغرافيا أو الهيبو] . ويستخدم المسحوق أيضاً مطهراً ومزيلا للعفونة لأن الكلور قاتل للجراثيم التى تسبب أمراضاً فتاكة .

منافع الكلور

تخدم الكلور فى تجهيز المسحوق المزيل للألوان كما أن مقادير كبيرة منه تستخدم فى تعقيم ماء الشرب وماء الحمامات وقد وجد أن الرطل الواحد من الكلور يمكن أن يعقم ١٠٠٠ متر مكعب من الماء دون أن يكسب الماء أى طعم .

أملاح حامض الأيدروكلوريك

أملاح هذا الحامض تسمى الكلوريدات أو الكلورورات فيقال مثلا كلوريد الصوديوم أو كلورور الصوديوم ويتركب كل ملح من الكلور متحداً بعنصر من العناصر . وتستحضر أملاح هذا الحامض بطرق سبق شرحها ونكتفى بذكرها إجمالا وهى : —

أولاً : فعل حامض الأيدروكلوريك (أو كلوريد الايدروجين) فى فلز . . . . . .

ثانياً : فعل حامض الأيدروكلوريك فى أوكسيد فلز أو ايدروكسيده

ثالثاً : « « « كربونات فلز

رابعاً : اتحاد الكلور مباشرة بعنصر (فلزى أو غير فلزى)

خامساً : الكلوريدات عديمة الذوبان تجهز بطريقة الترسيب . فاذا أريد تجهيز كلوريد الفضة مثلا . يضاف حامض الأيدروكلوريك (أو محلول كلوريد قابل للذوبان) إلى محلول ملح فضى قابل للذوبان مثل نيترات الفضة ، فيحدث بين الملحين تبادل مزدوج تكون نتيجته تكوين كلوريد الفضة الذى يرسب لعدم قابليته للذوبان فيفصل بالترشيح ويغسل .

وجميع الكلوريدات الفلزية سهلة الذوبان فى الماء إلا كلوريد الفضة وكلوريد الزئبقوز فقابليتهما للذوبان فى الماء تكاد تكون معدومة — أما كلوريد الرصاص فيذوب قليلا فى الماء البارد وبسرعة فى الماء الساخن . وتتأثر كل الكلوريدات بحامض الكبريتيك المركز فينفصل غاز كلوريد الأيدروجين ويتكون كبريتات الفلز . وكذلك يؤثر حامض الكبريتيك المركز وثانى أوكسيد المنجنيز (أو أى مادة مؤكسدة) فى كل الكلوريدات فينفصل منها غاز الكلور .

وبعض الكلوريدات تتسامى بالحرارة ، مثل كلوريد الزئبقيك وكلوريد الأمونيوم وكلوريد الذهب وهذان الأخيران ينحلان بالحرارة الشديدة .

وتتميز الكلوريدات (ومنها حامض الأيدروكلوريك) بالخصائص الآتية :

أولا : إذا عولج كلوريد صلب جاف بحامض كبريتيك مركز ينبعث غاز كلوريد الايدروجين (ويميز بفعله فى ورقة عباد شمس زرقاء وتأثيره فى النشادر) .

ثانياً : إذا مزج كلوريد صلب بثانى أوكسيد المنجنيز أو أى مادة مؤكسدة مثل برمنجنات البوتاسيوم — وسخن المزيج مع حامض كبريتيك مركز انبعث منه غاز الكلور (يتميز بلونه ورائحته وفعله فى إزالة الألوان)

ثالثاً : إذا عومل محلول كلوريد قابل للذوبان بمحلول نيترات الفضة حدث راسب أبيض (كلوريد الفضة) [يكتسب لوناً ارجوانياً إذا عرض للضوء مدة وهو لايذوب فى حامض النيتريك ولكن يذوب فى محلول النشادر]

المعنى العام للتأكسد والاختزال

إذا اتحد عنصر ما بالأوكسيجين قيل إنه تأكسد ، وتسمى المادة الحادثة من هذا الاتحاد أوكسيدا للعنصر فاذا احترق الماغنيسيوم فى الهواء فانه يتحد بأوكسيجين الجو ، فيقال إنه يتأكسد ويسمى المسحوق الأبيض الذى يحدث عند احتراقه أوكسيد الماغنيسيوم

وليس التأكسد مقصوراً على العناصر فقط ، فقد تتأكسد المواد المركبة أيضاً ، فاذا احترق الشمع مثلا (وهو يتركب من الأيدروجين والكربون) حدث من الاحتراق الماء (وهو أوكسيد الأيدروجين) وثانى أوكسيد الكربون . ويقال إن التأكسد تام إذا تأكسدت جميع عناصر المادة المركبة كما فى احتراق الشمعة ، أما إذا تأكسدت بعض عناصر المادة دون البعض الآخر فيقال إن التأكسد غير تام ، ويحدث ذلك إذا لم يكن الأوكسيجين كافياً لتأكسد جميع العناصر وفى هذه الحالة يتأكسد فقط أشد العناصر ميلا للأوكسيجين

وقد رأينا أن كلوريد الأيدروجين إذا تأكسد ينفصل منه الكلور . وذلك لأن الأيدروجين فقط هو الذى يتأكسد متحولا إلى ماء وينفرد غاز الكلور

أما الاختزال فهو عملية كيميائية يحدث عنها أن تفقد المادة بعض أو كل ما فيها من الأوكسيجين . فاذا فقد أوكسيد النحاس مافيه من الأوكسيجين وتحول إلى نحاس قيل إن الأوكسيد قد اختزل إلى نحاس وليلاحظ أن التأكسد والاختزال عمليتان تحدثان فى وقت واحد ، إذ يتأكسد أحد الجسمين بالأوكسيجين الذى يفقده الثانى ، فمرور الأيدروجين فوق أوكسيد نحاس ساخن يسبب تأكسد الأول إلى ماء واختزال الثانى إلى نحاس . ولا يقتصر معنى التأكسد على اتحاد مادة بالأوكسيجين ، ولا الاختزال على فقد المادة لهذا الغاز . فقد تختزل المادة دون أن يكون فى تركيبها أوكسيجين . وقد تتأكسد المادة دون أن تتحد بشىء منه

تعريف :

التأكسد : عملية كيميائية يتسبب عنها ازدياد نسبة الأوكسيجين أو أى عنصر غير فلزى فى المركب فيتأكسد النحاس والماغنيسيوم مثلا إذا تحول الأول إلى أوكسيد نحاس والثانى إلى أوكسيد ماغنيسيوم (أى إذا ازدادت نسبة الأوكسيجين فيهما) ويتأكسد كلوريد الأيدروجين اذا تحول إلى كلور (أى إذا ازدادت نسبة هذا العنصر الغير الفلزى فيه)

الاختزال : هو عملية كيميائية يتسبب عنها ازدياد نسبة الأيدروجين أو أى عنصر فلزى فى المركب فيقال إن الماء اختزل إذا تحول إلى أيدروجين (أى إذا فقد أوكسيجينا) ويختزل الكلور إذا تحول إلى كلوريد أيدروجين (أى إذا ازدادت نسبة الأيدروجين فيه) ويقال إن كلوريد الحديديك يختزل إذا تحول إلى كلوريد حديدوز وذلك لازدياد نسبة الحديد فيه وهو العنصر الفلزى

اسئلة

١ — كيف تثبت أن غاز كلوريد الايدروجين يحوى كلا من الايدروجين والكلور ، وكيف تعين النسبة الحجمية لهما فيه ؟

٢ — كيف تحضر كلوريد الأيدروجين فى المعمل ، وكيف تثبت أنه سريع الذوبان فى الماء ؟

٣ — إذا أعطى لك سائلان صافيان أحدهما حامض كبريتيك مخفف والآخر حامض أيدروكلوريك مخفف فكيف تميز الواحد منهما عن الآخر ؟

٤ — ماتأثير حامض الأيدروكلوريك فى كل من المواد الآتية : الحديد — النحاس — أوكسيد الماغنيسيوم — كربونات البوتاسيوم — فوق أوكسيد الرصاص ؟

٥ — اذكر طريقتين مختلفتين يمكن بهما أن تحصل على مقدار من كلوريد الكالسيوم

٦ — كيف تثبت بالتجربة أن كلوريد الأيدروجين أثقل من الهواء ؟
٧ — ماذا يحدث إذا عرض كلوريد الأيدروجين لكل من الهواء الرطب والنشادر على انفراد ؟
٨ — كيف تستحضر الكلور فى المعمل
٩ — اشرح مايحدث لماء الكلور إذا أمر فيه غاز كبريتيد الأيدروجين
١٠ — ما التغيرات التى تحدث عند احتراق شمعة فى غاز الكلور ؟
١١ — اشرح التغير الكيميائى الذى يحدث فى أثناء عملية تبييض الألوان بالكلور
١٢ — ماذا نقصد بقولنا إن الكلور عامل مؤكسد مع خلوه من الأوكسيجين ؟
١٣ — اشرح بالتفصيل كيف تحصل على محلول مشبع بغاز كلوريد الأيدروجين ، واذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها فى المعمل وارسم الجهاز اللازم لذلك
١٤ — إذا أعطى لك حامض أيدروكلوريك ومحلول صودا كاوية فاشرح ما تعمله للحصول على نموذج نقى من ملح طعام متبلر
١٥ — كيف تثبت أن كلوريد الأيدروجين يحوى نصف حجمه من الكلور ؟
١٦ — كان الاعتقاد القديم أن الكلور أوكسيد لعنصر مجهول . مم نشأ هذا الاعتقاد وكيف ثبت عدم صحته ؟
١٧ — ملئت أنبوبتان طويلتان أحداهما بماء الكلور والثانية بكلوريد الأيدروجين ، ثم نكستا فى حوض ماء . اشرح مايحدث فى كل حالة إذا مكثت الأنبوبتان مدة طويلة

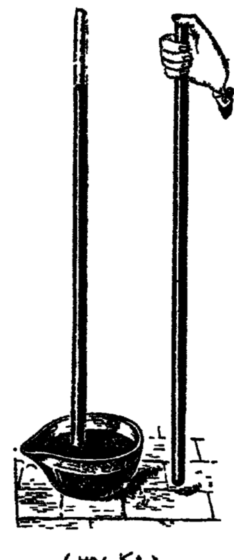
الباب الرابع

بعض الخواص الطبيعية للغازات

الضغط الجوى

تدريب ١

خذ أنبوبة زجاجية يبلغ طولها ٩٠ سم تقريباً وليكن أحد طرفيها مسدودا والآخر مفتوحاً واملأها لآخرها بالزئبق مراعياً إخراج جميع الهواء منها. ثم سد طرفها المفتوح بالأصبع ونكسها رأسياً فى حوض به زئبق ثم أزح الأصبع تجد الزئبق يهبط فى الأنبوبة إلى حد معين (شكل ٣٧)



(شكل ٣٧)

قس البعد الرأسى بين سطحى الزئبق فى الحوض والأنبوبة تجده ٧٦ سم تقريباً

من هذا التدريب البسيط يمكن تقدير الضغط الجوى للسبب الآتى : —

إذا فرضنا أن مساحة مقطع الأنبوبة تساوى سنتيمترا مربعاً واحدا وأخذنا سنتيمترا مربعاً آخر على سطح السائل عند نقطة أخرى نسميها حَ كان الضغط الواقع على حَ مساويا الضغط الواقع على سنتيمتر مربع حـ داخل الأنبوبة فى محاذاة حَ لأن كلا من حَ ، حـ يكونان فى مستوى أفقى واحد من سائل ساكن

ولكن الضغط الواقع على حـَ هو الضغط الجوى والضغط الواقع على حـ يساوى ثقل (٧٦) سم ٣ من الزئبق وعلى ذلك يكون الضغط الجوى الواقع على كل سنتيمتر مربع مساويا ثقل ٧٦ سم ٣ من الزئبق تقريباً أو (١٠٣٣ر٦) من الجرام ومعنى هذا أن ثقل طبقة الهواء الممتدة فوق كل سنتيمتر مربع يساوى ثقل ٧٦ سم ٣ من الزئبق أو ثقل ٦ ر ١٠٣٣ من الجرام . وقد يختلف الضغط الجوى فى المكان الواحد اختلافا صغيراً إلا أنه قد اصطلح أن يكون الضغط الجوى المعتاد او العيارى هو ضغط الجو عند سطح البحر وهذا يساوى ثقل عمود من الزئبق مقطعه سنتيمتر مربع وارتفاعه (٧٦) سم

ويختلف الضغط الجوى باختلاف بعد المكان عن سطح البحر ارتفاعا وانخفاضا فهو على قمم الجبال أقل منه فى قاع المناجم وذلك لأن طبقة الهواء فى الحالة الأولى أقل منها فى الحالة الثانية

وتستعمل لقياس الضغط الجوى أجهزة خاصة تسمى البارومترات لا تختلف فى تركيبها ومبدأ فكرتها عن جهاز تورشيلى المبين بالشكل السابق

تمدد الهواء بين درجتى الصفر والمائة : العلاقة بين حجم الغاز ودرجـــة حرارته

*تدريب ٢**

١ ــ خذ أنبوبة ضيقة مقفلة من إحدى نهايتيها وادخل فيها قطرة من الزئبق تحجز بعض الهواء بينها وبين طرف الأنبوبة المسدود . ثبت الأنبوبة بجانب مسطرة ذات تدريج كما ترى فى شكل (٣٨) . اغمر الأنبوبة والمسطرة فى كأس ماء عميق تلقى فيه قطعاً من الجليد وحرك الماء بواسطة ترمومتر حتى تنخفض درجة حرارته إلى درجة الصفر المئوى

اعلم حجم الهواء المحجوز فى الأنبوبة ودرجة الحرارة بالضبط

ملاحظة : حجم الهواء فى الأنبوبة = مساحة مقطعها × طول الهواء فيها ويكون الحجم مناسباً للطول إذا كانت الأنبوبة منتظمة ذات مقطع واحد فى جميع أجزائها

ب — سخن الماء فى الكأس حتى يغلى واغمر فيه كل جزء الأنبوبة الموجود أسفل قطرة الزئبق ولاحظ أعلى نقطة تصل إليها قطرة الزئبق واعلم درجة غليان الماء

حـ — احسب مقدار تمدد الهواء بين درجتى الصفر والمائة كما يلى :

حجم الهواء فى درجة الصفر = سم^3 (س)

« « « « ١٠٠° م = « (ص)

∴ ازدياد الحجم بين هاتين الدرجتين = « (ص — س)

∴ متوسط الزيادة لدرجة واحدة = « $\frac{(ص — س)}{١٠٠}$

(شكل ٣٨)

∴ متوسط زيادة وحدة حجوم فى درجة واحدة = $\frac{(ص - س)}{١٠٠ س}$

دلت التجارب الدقيقة على تمدد الهواء أن كل سنتيمتر مكعب منه فى درجة الصفر يصير $١\frac{١}{٢٧٣}$ من السنتيمتر المكعب إذا ارتفعت درجة حرارته درجة مئوية واحدة

تعريف : معامل تمدد الهواء هو مقدار ماتزيده وحدة حجوم منه فى درجة الصفر إذا سخنت درجة واحدة مئوية ومقدار هذا المعامل $\frac{١}{٢٧٣}$ أو ٠٠٣٦٦ر٠

وقد وجد (شارل) منذ أكثر من مائة عام أن معامل تمدد جميع الغازات واحد ووضع قانوناً لا يزال يعرف باسمه وهو : —

قانون شارل : — إذا بقى ضغط الغاز ثابتاً فان حجمه يزداد بقدر $\frac{١}{٢٧٣}$ من حجمه فى درجة الصفر إذا رفعت درجة حرارته درجة واحدة مئوية كما أنه ينكمش بقدر $\frac{١}{٢٧٣}$ من حجمه فى درجة الصفر إذا هو برد درجة مئوية واحدة

مثال ذلك إذا كان حجم كمية من غاز فى درجة الصفر هو ٢٧٣ سم^{٣} فانها إذا سخنت ١° مئوية تزداد بقدر $\frac{١}{٢٧٣}$ × ٢٧٣ أى بقدر ١سم^{٣}

فيكون حجم الـ ٢٧٣ سم^{٣} = (٢٧٣ + ١) سم^{٣}فى درجة + ١° م

∴ يكون » » » » = (٢٧٣ + ١٠) » » » + ١٠° م

، » » » » » = (٢٧٣ + ٢٧٣) » » » + ٢٧٣° م

بمعنى أن حجم الغاز يتضاعف عند درجة + ٢٧٣° م

كذلك إذا برد الغاز تحت درجة الصفر فان الحجم ينكمش بقدر $\frac{١}{٢٧٣}$ من الحجم فى درجة الصفر لكل درجة يبردها

فكل (٢٧٣) سم^{٣}فى درجة الصفر تصير (٢٧٣ — ١) سم^{٣}فى درجة - ١° م

، ٢٧٣ » » » » » (٢٧٣ — ١٠) » » » -١٠° م

، » » » » » » (٢٧٣ — ٢٧٣) » » » -٢٧٣° م

بمعنى أن حجم الغاز ينعدم ويصير صفراً عند درجة — ٢٧٣° م

ولكن كل غاز قبل أن يصل لهذه الدرجة من التبريد يكون قد تحول سائلا أو تصلب فلا ينطبق عليه قانون شارل وقد سميت هذه الدرجة (-٢٧٣° م) درجة الصفر المطلق

وإذا فرض ترمومتران مئويان وسميت الدرجة فى أحدهما المقابلة لدرجة -٢٧٣° م فى الثانى صفراً كانت درجات الأول تزيد على مقابلاتها من الثانى بقدر ٢٧٣ وتسمى درجات الترمومتر الأول درجات مطلقة (نرمز لها بالحرف ى)

مثال : درجة الصفر المطلق = (أى تقابل) درجة — ٢٧٣° م

١٠° ر = « « « — ٢٦٣° م

٢٧٣° ر = « « « الصفر المئوى

ويمكن أن يوضع قانون شارل السابق بطريقة أخرى تتبين مما يأتى :

إذا فرضنا أن (ح) هو حجم الغاز وهو فى درجة الصفر المئوى فانه يزداد بقدر $\frac{\text{ح} \times \text{ء}}{٢٧٣}$ إذا رفعت درجة حرارته إلى درجة أخرى ء مئوية أى أن حجمه يصير ($\text{ح} + \frac{\text{ح} \times \text{ء}}{٢٧٣}$) أو ح $\left(١ + \frac{\text{ء}}{٢٧٣}\right)$ ونرمز لهذا المقدار بالرمز $\text{ح}_{\text{ء}}$

كذلك يصير حجمه فى درجة أخرى ءَ مئوية مساوياً ح $\left(١ + \frac{\text{ءَ}}{٢٧٣}\right)$ ونرمز لهذا بالرمز $\text{ح}_{\text{ءَ}}$ وعلى ذلك يكون :

$$\frac{\text{ح}_{\text{ء}}}{\text{ح}_{\text{ءَ}}} = \frac{\text{ح}\left(١ + \frac{\text{ء}}{٢٧٣}\right)}{\text{ح}\left(١ + \frac{\text{ءَ}}{٢٧٣}\right)} = \frac{\text{ء} + ٢٧٣}{\text{ءَ} + ٢٧٣}$$

ولكن (ء + ٢٧٣) ، (ءَ + ٢٧٣) هما درجتا الحرارة المطلقة المقابلتان للدرجتين ء ، ءَ المئويتين فاذا رمزنا لهما بالحرفين ر ، رَ

كان $\frac{\text{ح}_{\text{ء}}}{\text{ح}_{\text{ءَ}}} = \frac{\text{ر}}{\text{رَ}}$

ومن هذا يمكن أن يعبر عن قانون شارل بالصورة الآتية :

قانون شارل : إذا بقى ضغط الغاز ثابتاً فان حجمه يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة

الارتباط بين حجم الغاز وضغطه :

يتأثر حجم الغاز تأثراً محسوساً بتغير الضغط الواقع عليه . وأول من اكتشف العلاقة بين حجم الغاز وضغطه هو روبرت بويل عام ١٦٦١ ووضع لذلك قانوناً يعرف باسمه وهو :

قانون بويل :

فى درجة الحرارة الواحدة يتناسب حجم مقدار معين من أى غاز تناسبا عكسياً مع الضغط الواقع منه أو عليه

فاذا كان (ح) حجم الغاز عند ما يكون ضغطه مساويا (ض) ، ح َ

حجمه عند ما يكون ضغطه ضَ فان $\frac{ح}{ح'}=\frac{ض'}{ض}$ أو $ح \times ض = ح' \times ض'$

أى أن حاصل ضرب حجم مقدار معين من أى غاز فى ضغطه يكون دائماً ثابتاً إذا لم تتغير درجة حرارته . ويمكن إثبات ذلك بالطريقة الآتية :

تدريب ٣ : خذ أنبوبة زجاجية ذات شعبتين إحداهما قصيرة مسدودة والأخرى طويلة مفتوحة وضعها فى وضع رأسى (شكل ٣٩) ثم صب زئبقاً فى الأنبوبة بحيث يكون سطحه فى الشعبتين فى مستوى أفقى واحد

هذا الزئبق يحجز مقداراً من الهواء فى الشعبة القصيرة يكون ضغطه مساوياً للضغط الجوى

اعلم حجم هذا الهواء المحجوز (أن تقيس طوله فى الأنبوبة فحجمه يتناسب مع هذا الطول) ثم قس ضغط الجو بالبارومتر

صب زئبقاً فى الفرع الطويل حتى يصير حجم الهواء فى الشعبة الثانية القصيرة نصف حجمه الأصلى

قس البعد الرأسى (ا ب) بين سطحى الزئبق فى الشعبتين تجده مساويا لارتفاع الزئبق فى البارومتر ومعنى هذا أن ضغط الهواء المحجوز على السطح (حـ) أصبح مساويا ضعف الضغط الجوى لأن الضغط عند (حـ) يعادل ضغط عمود الزئبق (ا ب) مضافا إليه الضغط الجوى

(شكل ٣٩)

ومن هذا يتبين أن ضغط الهواء المحجوز يصير ضعف الضغط الجوى إذا أنقص حجمه إلى النصف

وكذلك يمكن أن يثبت أن ضغط الهواء يصير ثلاثة أمثال الضغط الأصلى إذا نقص حجمه إلى الثلث . وهكذا يمكن اثبات أن الحجم والضغط يتناسبان تناسباً عكسياً

تغير الحجم الناشىء من تغير الضغط ودرجة الحرارة معا :

القانون العام للغازات

لما كان حجم الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة (حسب قانون بويل) فانه يمكن معرفة ما يطرأ على حجمه إذا تغير الضغط ودرجة الحرارة معاً

لذلك نفرض أن (ح) هو حجم الغاز عند مايكون ضغطه (ض) ودرجة حرارته المطلقة (ر) والمطلوب إيجاد حجمه (حَ) عندما يصير ضغطه (ضَ) ودرجة حرارته المطلقة (رَ)

لذلك نقول إذا بقيت درجة حرارة الغاز (ر) ثابتة وتغير الضغط من (ض) إلى (ضَ) فان الحجم يصير $\frac{\text{ح} \times \text{ض}}{\text{ضَ}}$ (حسب قانون بويل)

وإذا ثبت الضغط بعد ذلك على ضَ وتغيرت درجة الحرارة المطلقة من (ر) إلى (رَ) فالحجم الجديد حَ يكون بحيث أن

$$\frac{\frac{\text{ح} \times \text{ض}}{\text{ضَ}}}{\text{حَ}} = \frac{\text{ر}}{\text{رَ}} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{ح} \times \text{ض}}{\text{ر}} = \frac{\text{حَ} \times}{}$$

ومن المعادلة الأخيرة يمكن إيجاد مقدار حَ المطلوب

ومن العمل المتقدم يرى أنه يمكن الجمع بين قانونى بويل وشارل فى معادلة واحدة ذات ستة مقادير والعلم بخمسة منها موجد للسادس

ومما تقدم نعلم أن تغير الضغط ودرجة الحرارة معا يؤثر على حجم الغاز تأثيراً مماثلا لما يحدث له إذا كان تغير الضغط وتغير درجة الحرارة متتاليين الواحد بعد الآخر

حدود صحة قانونى بويل وشارل

التجارب التى أجراها بويل واستنبط منها قانونه كانت مقصورة على الضغوط المحصورة بين المقدارين ٣ و ٣٠٠ سم من الزئبق ، وقد عملت تجارب دقيقة لمعرفة ما إذا كانت الغازات تخضع لقانون بويل فى الحالات التى يكون فيها الضغط مختلفاً اختلافاً كبيراً عن الضغط الجوى المعتاد فوجد أن سلوك الغازات لايكون متفقاً مع هذا القانون . فليس صحيحاً أن تنقاد الغازات لقانون بويل إلى حد بعيد لأن هذا القانون يحتم اطراد نقص حجم الغاز باطراد زيادة الضغط فاذا فرضنا أن الضغط زاد تدريجاً زيادة عظيمة جداً فان الحجم ينقص تدريجاً حتى يكاد يتلاشى ، وهذا ما لانسلم بصحته . وسبب هذا هو أن حجم الغاز عبارة عن الحجم الذى تشغله الجزيئات مضافاً إليه المسافات التى تفصل الجزيئات بعضها عن بعض ، وازدياد ضغط الغاز ينشأ عنه تقليل هذه المسافات وتقريب الجزيئات بعضها من بعض ولا ينتج عنه نقص فى حجم الجزيئات نفسها فليس من الضرورى إذن أن يصل الحجم إلى حد صغير جداً إذا زاد الضغط زيادة كبيرة

ومن هذا يتضح أن الغازات لاتنقاد لقانون بويل إلا فى الحالات التى لايختلف فيها الضغط اختلافاً بينا عن الضغط الجوى المعتاد

وما يقال عن قانون بويل يقال عن قانون شارل الذى يقول باطراد نقص حجم الغاز باطراد نقص درجة حرارته . فاذا ما وصلت درجة الحرارة إلى — ٢٧٣°م أصبح حجمه صفرا أى أن كتلته تتلاشى . وهذا مالا نتصور حدوثه — ويمكن تعليل هذا بمثل السبب المتقدم ذكره وهو أن إنقاص درجة الحرارة يؤدى إلى تقليل المسافات التى تفصل الجزيئات بعضها عن بعض — ولا يعمل على إنقاص حجم الجزيئات نفسها — وفوق

هذا فان الغاز إذا برد إلى درجة معينة قد يصبح سائلا — وقد يتجمد فلا تنطبق عليه قوانين الغازات .

ومن هذا يتضح أن الغازات لاتنقاد لقانون شارل إلا فى الدرجات التى لا تختلف اختلافاً بينا عن درجات الحرارة المعتادة

الارتباط بين كثافة الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت الضغط

بما أن كتلة المقدار المعين من الغاز لا تتغير بتغير درجة حرارته ، فاذا فرض أن حجم مقدار من غاز فى درجة د°م هو ع وكثافته فى تلك الدرجة هى $\text{ث}_{\text{د}}$ ، فان كتلته = $\text{ع}_{\text{د}} \times \text{ث}_{\text{د}}$

وكذلك إذا كانت درجة حرارته $\text{د}'$°م فان كتلته = $\text{ع}_{\text{د}'} \times \text{ث}_{\text{د}'}$ (بفرض أن $\text{ع}_{\text{د}'}$ ، $\text{ث}_{\text{د}'}$ يدلان على حجم الغاز وكثافته فى $\text{د}'$°م)

$$\therefore \quad \text{ع}_{\text{د}} \times \text{ث}_{\text{د}} = \text{ع}_{\text{د}'} \times \text{ث}_{\text{د}'}$$

$$\frac{\text{ث}_{\text{د}}}{\text{ث}_{\text{د}'}} = \frac{\text{ع}_{\text{د}'}}{\text{ع}_{\text{د}}}$$

$$\text{بما أن} \quad \frac{\text{ع}_{\text{د}}}{\text{ع}_{\text{د}'}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{د}}{\text{٢٧٣} + \text{د}'}$$

$$\frac{\text{ث}_{\text{د}}}{\text{ث}_{\text{د}'}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{د}'}{\text{٢٧٣} + \text{د}}$$

$$\therefore \quad \text{ث}_{\text{د}'} = \text{ث}_{\text{د}} \left(\frac{\text{٢٧٣} - \text{د}}{\text{٢٧٣} + \text{د}'} \right)$$

والمعادلتان الأخيرتان تبينان العلاقة بين كثافة الغاز ودرجة الحرارة عند ثبوت الضغط . وظاهر منهما أن كثافة الغاز تتناسب تناسباً عكسياً مع حرارته المطلقة إذا بقى ضغطه ثابتاً .

الارتباط بين كثافة الغاز وضغطه

هب مقداراً معيناً من غاز ضغطه (ض) وحجمه (ع) وكثافته (ث) ، فان كتلته تكون ع × ث . فاذا تغير ضغط الغاز إلى ضَ فان حجمه يتغير دون أن تتغير كتلته ، وينتج أن كثافته تتغير أيضاً

فاذا فرض أن حجم الغاز صار (عَ) وكثافتـــه (ثَ) فان كتلته = عَ × ثَ

∴ ح × ث = حَ × ثَ

∴ ح : حَ = ثَ : ث

وبما أن ح : حَ = ضَ : ض (قانون بويل)

∴ ثَ : ث = ضَ : ض

إذن كثافة المقـدار المعين من غاز تتـاسب تناسباً طردياً مع الضغط الواقع عليه ما دامت درجة حرارته ثابتة

أمثـلة على القوانين السابقة

١ — إذا كان حجم مقدار من غاز ما فى درجة الصفر هو ١٥٠٠ سم^{٣} فما يكون حجمه فى ٩١° م إذا ظل ثابت الضغط

الحل : $\frac{\text{ح}_{\text{د}}}{\text{ح}_{\text{٠}}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{د}}{\text{٢٧٣}}$

$\frac{\text{ح}_{\text{د}}}{\text{١٥٠}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{٩١}}{\text{٢٧٣}} = \frac{\text{٣٦٤}}{\text{٢٧٣}} = \frac{\text{٤}}{\text{٣}}$

$\text{ح}_{\text{د}} = \text{١٥٠٠} \times \frac{\text{٤}}{\text{٣}} = \text{٢٠٠٠}$ سم^{٣}

٢ — بردت ١٥ لتراً من الهواء من ٢٧°م إلى ٧°م فكم يكون الانقباض فى حجمها (علما بأن الضغط ثابت)

الحل : $$\frac{\text{ع}_{\text{د}}}{\text{ع}_{\text{د}'}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{د}}{\text{٢٧٣} + \text{د}'}$$

$$\therefore \frac{\text{١٥}}{\text{ع}_{\text{د}'}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{٢٧}}{\text{٢٧٣} + \text{٧}} = \frac{\text{٣٠٠}}{\text{٢٨٠}}$$

$$\therefore \text{ع}_{\text{د}'} = \frac{\text{١٥} \times \text{٢٨٠}}{\text{٣٠٠}} = \text{١٤ لترا}$$

∴ الانقباض = ١٥ — ١٤ = لتراً واحدا

٣ — ماذا يكون حجم مقدار من غاز فى درجة الصفر إذا كان حجمه فى ٧٨°م هو ٩ لترات بفرض بقاء الضغط ثابتاً

الحل : $$\frac{\text{ع}_{\text{د}}}{\text{ع}_{\text{.}}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{د}}{\text{٢٧٣}}$$

$$\frac{\text{٩}}{\text{ع}_{\text{.}}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{٧٨}}{\text{٢٧٣}} = \frac{\text{٣٥١}}{\text{٢٧٣}}$$

$$\text{ع}_{\text{.}} = \frac{\text{٩} \times \text{٢٧٣}}{\text{٣٥١}} = \text{٧ لترات}$$

٤ — فى أى درجة للحرارة يصير حجم كمية من غاز ضعف الحجم الذى يشغله فى ١٧° م مع بقاء ضغطه ثابتاً

الحل : $$\frac{\text{ع}_{\text{د}}}{\text{ع}_{\text{د}'}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{د}}{\text{٢٧٣} + \text{د}'}$$

$$\frac{\text{١}}{\text{٢}} = \frac{\text{٢٧٣} + \text{١٧}}{\text{٢٧٣} + \text{د}'}$$

$$\text{د}' = \text{٣٠٧}^{\circ}\text{م}$$

٥ — حجم غاز ٢٤٠ سم^{٣} عند ما يكون ضغطه ٧٥ سم من الزئبق فكم يكون حجمه إذا أصبح ضغطه ١٢٠ سم من الزئبق وبقيت درجة حرارته ثابتة

الحـــل

$$ح \times ص = حَ \times صَ$$

$$\therefore\ ٢٤٠ \times ٧٥ = ح \times ١٢٠$$

$$\therefore\ حَ = \frac{٢٤٠ \times ٧٥}{١٢٠} = ١٥٠\ سم^{٣}$$

٦ — فقاعة هوائية حجمها ٣ سم^{٣} عند ما كانت تحت عمق ٦٨ سم من ماء بحيرة فكم يكون حجمها إذا ارتفعت إلى سطح الماء علما بأن الضغط الجوى ٦٨ سم من الزئبق وأن كثافة الزئبق ٦ر١٣ جم/سم^{٣} وأن كثافة ماء البحيرة ١ جم/سم^{٣}

الحـــل

عند ما كانت الفقاعة تحت الماء كان الضغط الواقع عليها يساوى الضغط الجوى مضافاً إليه ضغط عمود الماء وهذا يساوى $\frac{٦٨}{١٣٫٦}$ أى ٥ سم من الزئبق

$\therefore$ ضغط هواء الفقاعة تحت الماء = ٧٦ + ٥ = ٨١ سم من الزئبق

وبما أن $ح \times ص = حَ \times صَ$

$$\therefore\ ٣ \times ٨١ = حَ \times ٧٦$$

$$\therefore\ حَ = \frac{٣ \times ٨١}{٧٦} = ٣٫٢\ سم^{٣}\ تقريباً$$

٧ — إذا كان وزن الهواء الذى يملأ قارورة سعتها لتر هو ١٫٢٩٣ جم فى درجة الصفر فماذا يكون وزن الهواء الذى يملؤها فى ٩١° م

الحـــل

كثافة الهواء فى درجة الصفر = ١٫٢٩٣ جم لكل لتر

$$\frac{ثَ}{ث_{ء}} = \frac{٢٧٣ + ء}{٢٧٣}$$

١ر٢٩٣   ٢٧٣ + ٩١   ٣٦٤   ٤

ث و   ٢٧٣   ٢٧٣   ٣

∴ ث و = $\frac{١ر٢٩٣ \times ٣}{٤}$ = ٠ر٩٦٩٧٥

أى أن كثافة الهواء فى درجة ٩١°م = ٩٦٩٧٥و٠ جم لكل لتر

∴ وزن الهواء الذى يملأ القارورة = ٠ر٩٦٩٧٥ جم

٨ — إذا كانت كثافة غاز وهو تحت تأثير ضغط قدره ٧٥ سم من الزئبق هى ٠ر٠٠١٢ جم / سم٣ فما يكون الضغط الذى يجعل كثافة الغاز ٠ر٠٠٠٨ جم / سم٣؟

الحل

$\frac{٧٥}{ص}$ = $\frac{٠ر٠٠١٢}{٠ر٠٠٠٨}$

∴ ص = $\frac{٧٥ \times ٨}{١٢}$ = ٥٠ سم من الزئبق

٩ — إذا كانت كثافة الأيدروجين ٠ر٠٠٠٠٩ جم / سم٣ عندما يكون الضغط ٧٦ سم فما يكون وزن لتر منه إذا صار الضغط ٩٥ سم؟

الحل

ت   ص

٠ر٠٠٠٠٩   ٧٦

٩٥

$\frac{٠ر٠٠٠٠٩ \times ٩٥}{٧٦}$ = ٠ر٠٠٠١١٢٥ جم. سم

∴ وزن اللتر = ١٠٠٠ × ٠ر٠٠٠١١٢٥

= ٠ر١١٢٥ من الجرام

١٠ — حجم غاز هو ٤٠٠ سم^{٣} عند ما يكون الضغط الواقع عليه ٧٥٠ مم من الزئبق ودرجة حرارته ٢٧° م فما يكون حجمه إذا صار الضغط ٨٠٠ مم وارتفعت درجة الحرارة إلى ٣٧° م ؟

العمـــل

يطبق القانون $\frac{ح \times ض}{ت} = \frac{حَ \times ضَ}{تَ}$

$$\frac{٤٠٠ \times ٧٥٠}{٢٧٣ \times ٢٧} = \frac{حَ \times ٨٠٠}{٢٧٣ + ٣٧}$$

$$\frac{٤٠٠ \times ٧٥٠}{} \qquad \frac{حَ \times ٨٠٠}{٣١}$$

$$حَ = \frac{٤٠٠ \times ٧٥٠ \times ٣١٠}{٣٠٠ \times ٨٠٠} = ٣٨٧ر٥ \text{ سم}^{٣}$$

ملحوظة :

يسهل حل التمرين المتقدم وما يشابهه بالطريقة الآتية وننصح للطالب باتباعها : —

بما أن حجم الغاز ٤٠٠ سم^{٣} وبما أن ضغطه تغير من ٧٥٠ مم إلى ٨٠٠ مم وحيث إن الحجم يتناسب تناسباً عكسياً مع الضغط (قانون بويل)

∴ حجم الغاز يصير ٤٠٠ $\times \frac{٧٥٠}{٨٠٠}$ سم^{٣}

وبما أن درجة الحرارة تغيرت من ٢٧° م إلى ٣٧° م وحيث إن حجم الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المطلقة (قانون شارل)

∴ حجم الغاز يصير ٤٠٠ $\times \frac{٧٥٠}{٨٠٠} \times \frac{٢٧٣ + ٣٧}{٢٧٣ + ٢٧}$

= ٣٧٧ر٥ سم^{٣}

مثـال (١) : غاز حجمه ١٤ سم^{٣} عنـد ما يكون ضغطه ٧٤ سم من

الزئبق ودرجة حرارته ٢٣° م أوجد حجمه عندما يكون ضغطه ٦٠ سم من الزئبق ودرجة حرارته ٥٢° م

الحــــل

$$\text{ح} = ٢٤ \times \frac{٧٤}{٦٠} \times \frac{٥٢ + ٢٧٣}{٢٣ + ٢٧٣} = ٣٢ر٥ \text{ سم}^{٣}$$

مثـال (٢) : غاز حجمه ٢٤ سم^{٣} عند ما يكون ضغطه ٧٤ سم ودرجة حرارته ٢٣° م أوجد ضغطه عند ما يكون حجمه ٣٢ر٥ سم^{٣} ودرجة حرارته ٥٢° م

الحــــل

$$\text{ض} = ٧٤ \times \frac{٢٤}{٣٢ر٥} \times \frac{٥٢ + ٢٧٣}{٢٣ + ٢٧٣} = ٦٠ \text{ سم من الزئبق}$$

مثال (٢) : غاز حجمه ٢٤ سم^{٣} عندما يكون ضغطه ٧٤ سم ودرجة رته ٢٣°م أوجـد ضغطه عند ما يصـير حجمه ٣٢ر٥ سم^{٣} ودرجـة حرارته ٥٢° م

$$\text{ض}' = ٧٤ \times \frac{٢٤}{٣٢ر٥} \times \frac{٥٢ + ٢٧٣}{٢٣ + ٢٧٣} = ٦٠ \text{ سم من الزئبق}$$

مثال (٣) : إذا كانت كثافة غاز ٠ر٠٠٠٠٢ جم / سم ^{٣} فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦ سم من الزئبق فما تكون كثافته فى درجة ٢٢٧° م وتحت ضغط ١٥٢ سم من الزئبق

الحــــل

$$٠ر٠ \times \frac{٢٧٣}{٢٢٧ + ٢٧٣} \times \frac{١٥٢}{٧٦}$$

$$= ٠ر٠٠٠٠٠٢٢ \text{ جم / سم}^{٣}$$

أسئلة

١ — اشرح تجربة يمكنك بها تعيين مقدار الضغط الجوى

٢ — اذكر القانون الذى يبين العلاقة بين حجم الغاز وضغطه إذا كانت درجة حرارته ثابتة . ما التجربة التى تجريها لاثباته ؟

٣ — كيف يتأثر حجم الغاز بارتفاع درجة حرارته إذا كان ضغطه ثابتاً

٤ — اذ كر القانون العام للغازات وبين كيف تستنبطه من قانونى بويل وشارل

٥ — كيف تتأثر كثافة الغاز بتغير الضغط إذا كانت درجة حرارته ثابتة وكيف تتأثر الكثافة بتغير درجة الحرارة إذا كان ضغطه ثابتاً

٦ — فى أى درجة حرارة يكون حجم غاز ما ضعف حجمه فى درجة ٣٥°م بفرض ثبوت ضغطه

٧ — سخنت كمية من كلورات البوتاسيوم فتصاعد منها ٤٥ سم^3 من الأوكسيجين فى درجة ٢٤°م وضغط ٧٦ سم من الزئبق . ماحجم هذا الغاز فى درجة ٦٣°م وضغط ١١٤ سم من الزئبق ؟

٨ — حجم غاز ٣٨٧ر٥ سم^3 تحت ضغط ٨٠٠ مم من الزئبق وفى درجة ٣٧°م أوجد ضغطه عند ما يكون حجمه ٤٠٠ سم^3 ودرجة حرارته ٢٧°م

٩ — إذا كان وزن لتر من الهواء فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم من الزئبق هو ٢٩ر١ جم فما يكون وزن لتر فى درجة ٢٥°م وضغط ٧٢ سم من الزئبق

١٠ — أنبوبة أديومترية بها كمية من الهواء محجوزة فوق الزئبق فاذا كان حجم الهواء بها ٣٠ سم^3 وارتفاع الزئبق فوق سطح الحوض ٤٠ سم ومقدار الضغط الجوى ٧٦ سم من الزئبق ودرجة الحرارة

٢٠°م أوجد حجم الهواء إذا كان ضغطه ٢٨ سم من الزئبق ودرجة حرارته ٩٨°م

١١ — إذا كان حجم مقدار من الهواء فى (١٧°م) هو (١١٧) سم٣ فما يؤول إليه حجمه عند درجه الصفر ؟

١٢ — مستودع غاز يسع (٦٠٠٠) متر مكعب ملىء لمنتصفه بغاز الاستصباح وكانت درجة الحرارة إذ ذاك (١٥°م) فما يؤول إليه حجم مافيه من الغاز إذا بلغت درجة حرارة الجو (٢٠°م) ؟

١٣ — سخن قدر من الهواء من (— ١٠°م) إلى (+ ١٠°م) فصار حجمه لترا فماذا كان حجمه قبل التسخين ؟

١٤ — إذا كان حجم غاز ما (س) ضعف حجم غاز آخر (ص) فى درجة الصفر فمادرجة الحرارة التى يكون عندها حجم (س) مساوياً حجم (ص) فى درجة (٧١٢°م) ؟

١٥ — إذا كان ضغط (١٠٠ سم٣) من الهواء هو (٧٦) سم من الزئبق فما يؤول إليه حجمها إذا صار الضغط معادلا (أولا) ٧٨ سم ى (ثانياً) ٧٤ سم ؟

١٦ — مقدار من الهواء محجوز فى مخبار منكس فوق الزئبق وكان الزئبق فى المخبار يعلو عما فى الحوض بقدر (١٠) سم فاذا علمت أن حجم الهواء (١٨٠) سم٣ وكانت دلالة البارومتر (٧٥) سم فأوجد :

(أولا) ضغط الهواء فى المخبار

(ثانياً) حجم الهواء عندما يصب فى الحوض زئبق حتى يصير محاذياً لما فى المخبار

١٧ — إذا كان حجم مقدار من غاز فى درجة الصفر والضغط المعتاد هو (١٥) لترا فما يؤول إليه حجمه عند درجة (٢٥ م) وضغط (٧٨) سم من الزئبق ؟

١٨ — حجم مقدار من الهواء الجاف فى درجة (٢٠م) وضغط (٧٦٥)

مم هو (١٠٠) سم٣ فما الحجم الذى يشغله الهواء بعد تشبعه ببخار الماء إذا لم يتغير ضغطه علماً بأن ضغط بخار الماء فى درجة (٢٠ م) هو (٤ ر ١٧) مم ؟

١٩ — احسب وزن لتر من الهواء فى درجة (١٥ م) وضغط (٧٥) سم إذا كان وزن اللتر منه فى درجة الصفر والضغط المعتاد هو (٢٩٣ر١) من الجرام

٢٠ — لتر من الهواء فى درجة الصفر والضغط المعتاد سخن إلى درجة (١٢٥ م) فنقصت كثافته إلى النصف فما التغير الذى اعترى ضغطه ؟

الباب الخامس

قوانين الاتحاد الكيمائى من جهة الوزن

١ — قانون النسب الثابتة

تدريب ١ * :

تركيب الأوكسيد الأسود للنحاس

حضر الأوكسيد الأسود للنحاس بكل من الطرق الآتية : —

أولا : بتسخين النحاس فى الهواء
ثانياً : « كربونات النحاس
ثالثاً : « أزوتات النحاس

ثم زن بالدقة فى قارب صغير من الخزف قدر جرامين من أوكسيد النحاس المستحضر باحدى هذه الطرق وضعه فى أنبوبة احتراق متينة شكل ٤٠



شكل (٤٠)

صل الأنبوبة بجهاز توليد الايدروجين الجاف وابعث منه تياراً بطيئاً من الغاز ، ثم سخن الأنبوبة ليتم اختزال الأوكسيد إلى نحاس ، وأبعد الموقد واتركها لتبرد

افصل جهاز الايدروجين ، وزن القارب بما يشمل من نحاس ثم دون نتائجك كما يأتى :

وزن القارب وحده	=	جم
« « + أوكسيد النحاس	=	«
∴ « أوكسيد النحاس	=	«
« القارب + النحاس	=	«
∴ « النحاس	=	«
∴ « الأوكسيجين	=	«
∴ (وزن النحاس / وزن الاوكسيجين) فى الأوكسيد	=	«

أعد العمل السابق مستعملا النموذجين الآخرين لأوكسيد النحاس ، فاذا كان العمل دقيقاً فانك تجد أن النسبة بين وزنى النحاس والأوكسيجين فى أوكسيد النحاس الأسود تكون دائما ثابتة مهما اختلف المصدر الذى استحضر منه الأوكسيد وهذه النسبة تساوى ٣١٫٨ : ٨ تقريباً .

تدريب ٢ *

تركيب أوكسيد الماغنيسيوم

أعد التدريب المتقدم مستعملا أوكسيد الماغنيسيوم تجد أن النسبة بين الماغنيسيوم والأوكسيجين فى الأوكسيد ثابتة مهما اختلفت طريقة استحضاره وهذه النسبة تساوى ١٢٫١٦ : ٨

ملاحظة : فى أثناء احتراق الماغنيسيوم فى الهواء يتكون قليل من نيتريد الماغنيسيوم باتحاد الماغنيسيوم بنيتروجين الهواء ، ولهذا التفاعل أثره فى دقة النتيجة .

التركيب الوزنى للماء

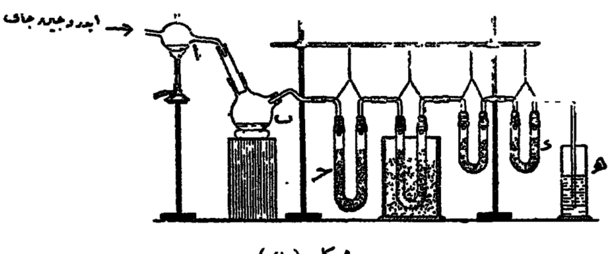
لما كان الماء يتكون من الايدروجين والأوكسيجين بنسبة ٢ : ١ بالحجم

وكان وزن اللتر من الايدروجين والأوكسيجين بالترتيب (فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم) هو ٠٫٠٩٠ ، ١٫٤٤ جم ، فان نسبة تكوين الماء

$$\text{بالوزن} = \frac{٢ \times ٠٫٠٩٠}{١ \times ١٫٤٤} = \frac{٠٫١٨٠}{١٫٤٤} = ١ : ٨$$

ويمكن الوصول إلى هذه النتيجة بطريقة عملية مبدأها تأليف الماء من عنصريه بامرار ايدروجين جاف فوق أوكسيد نحاس ساخن ، وجمع الماء المتكون . فاذا علم وزن أوكسيد النحاس فى أول الأمر ووزن ما يفقده الأوكسيد من الأوكسيجين بمرور الايدروجين فوقه ، وإذا علم وزن الماء المتكون كان من السهل حساب نسبة تكوين الماء بالوزن

وكان دوماس (سنة ١٨٤٢) أول من استطاع تعيين نسبة تركيب الماء بالوزن ، والجهاز الذى استخدمه ممثل جزء منه فى شكل ٤١ ويتركب كما يأتى .



شكل (٤١)

أولا : أنبوبة احتراق من الزجاج المتين (ا) تحتوى على مقدار من أوكسيد النحاس ، وتتصل بجهاز تحضير ايدروجين نقى جاف .

ثانياً : أنبوبة (ب) لينكثف فيها بعض الماء الحادث من التفاعل

ثالثاً : أنابيب (ج ، د) لامتصاص بخار الماء بعضها يحتوى على صودا كاوية صلبة وإحداها بها خامس أوكسيد فوسفور مغمورة فى مخلوط مبرد

رابعاً : إناء (هـ) يحتوى على حامض كبريتيك مركز ، وذلك لحفظ

الأنابيب السابقة بمعزل عن الهواء من جهة ولمعرفة سرعة مرور الايدروجين فى الجهاز من جهة أخرى .

وبوزن الأنبوبة (ا) بما فيها من أوكسيد النحاس قبل العملية وبعدها أمكن دوماس أن يعرف وزن الأوكسيجين الداخل فى تكوين الماء ، وكذلك بوزن (ه ، ج ، د) قبل التفاعل وبعده استطاع أن يعرف وزن الماء المتكون . والأعداد الآتية متوسط نتائج عدة تجارب من تجاربه .

النقص في وزن أوكسيد النحاس (أى وزن الاوكسيجين)	= ٤٤٫٢٢	جم
وزن الماء المتكون	= ٤٩٫٧٦	«
∴ وزن الايدروجين	= ٥٫٥٤	«
∴ وزن الاوكسيجين / وزن الايدروجين = ٤٤٫٢٢ / ٥٫٥٤	= ٨ : ١٫٠٠٢	

أى أن الماء يتكون من اتحاد الأوكسيجين والايدروجين بنسبة ٨ : ١ بالوزن (تقريباً)

قانون النسب الثابتة

كان الاعتقاد قديماً أنه إذا اتحد عنصران أو أكثر أمكن أن يحدث الاتحاد بأى نسبة ، وظل هذا الاعتقاد سائداً حتى أفسده بروست (Proust) سنة ١٨٠٦ بما أجراه من عديد التجارب ، ونشر قانوناً يعرف الآن باسم « قانون النسب الثابتة » للاتحاد الكيميائى هذا نصه : « كل مركب كيميائى مهما اختلفت طريقة استحضاره يتكون دائماً من نفس العناصر متحدة بعضها ببعض بنسبة ثابتة من جهة الوزن »

وقد أيدت التجارب التى قام بها الكثير من العلماء صدق هذا القانون ، فالماء مثلا يتكون دائماً من الأيدروجين والأوكسيجين بنسبة ١ : ٨ وزناً . وأوكسيد النحاس الأسود مهما كانت طريقة تجهيزه يتركب من النحاس والأوكسيجين بنسبة ٣١٫٨ جزءاً بالوزن من الأول إلى ٨ أجزاء بالوزن من الثانى . وكذلك أوكسيد الماغنيسيوم يتركب دائماً من الماغنيسيوم

والأوكسيجين بنسبة ١٦ر١٢ جزءاً من الماغنيسيوم إلى ٨ أجزاء من الأوكسيجين

ومما تجدر ملاحظته أنه إذا صادف وجود العناصر بمقادير تختلف نسبتها عن النسبة التى تتحد بها فان الزيادة تبقى دون أن تتأثر . فاذا وجدت ثمانية أجزاء بالوزن من الأوكسيجين مع أربعة أجزاء بالوزن من الأيدروجين مثلا واتحد الغازان فان أجزاء الأوكسيجين الثمانية تتحد بجزء واحد من الأيدرجين وتبقى من الأخير ثلاثة أجزاء منفردة دون اتحاد

قانون النسب المتضاعفة

كثيراً ما يتحد عنصران أو أكثر وينتج من الاتحاد أكثر من مركب واحد وغرضنا الآن أن نفحص التركيب الوزنى لمركبات مختلفة مكونة من عناصر واحدة

تدريب ٣*

تركيب فوق أوكسيد الرصاص

زن قارباً صغيراً من الخزف واجعل به قدر جرام من فوق أوكسيد الرصاص وزنهما معاً لتعلم وزن الأوكسيد بالضبط

اختزل هذا الأوكسيد بالأيدروجين متبعاً الارشادات المذكورة فى التدريب الأول من هذا الباب ، ثم احسب وزن الرصاص المتحد بجرام واحد من الأوكسيجين فى هذا الأوكسيد تجده ٤٥ر٦ من الجرامات

تدريب ٤*

أعد التدريب السابق مستعملا الأوكسيد الأصفر للرصاص ، تجد أن وزن الرصاص المتحد بجرام من الأوكسيجين هو ١٢٫٩٠ من الجرامات

يتضح من هذا أن مقدار الرصاص الذى يتحد بجرام الأوكسيجين فى الأوكسيد الأصفر ضعفه فى فوق أوكسيد الرصاص

كذلك أثبتت التجارب الدقيقة ما يأتى :

(أولا) كل ١٢ جراما من الكربون تتحد مع ١٦ جراما من الأوكسيجين لتكوين غاز أول أوكسيد الكربون ومع (٣٢) جراماً منه لتكوين ثانى أوكسيد الكربون

بمعنى أن النسبة بين مقدارى الأوكسيجين اللذين يتحدان بمقدار واحد من الكربون هى ١ : ٢

ثانياً : يتحد النيتروجين والأوكسيجين ويتكون من اتحادهما خمسة أكاسيد مختلفة بنسب مبينة بالجدول المرافق ومنه يرى أن نسبة مقادير الأوكسيجين المتحدة بمقدار واحد من غاز النيتروجين هى ١ : ٢ : ٣ : ٤ : ٥

	أكاسيد				
نيتروجين	٢٨	٢٨	٢٨	٢٨	٢٨
أوكسيجين	١٦	٣٢	٤٨	٦٤	

ثالثاً : للنحاس أوكسيدان أحمر وأسود وهما يتكونان من النحاس والأوكسيجين بالنسبة المبينة بالجدول المرافق لهذا ومنه يرى أن النسبة بين مقدارى النحاس بمقدار واحد من الأوكسيجين هى ١ : ٢

أوكسيد	نحاس	أوكسيجين
أحمر (نحاسوز)	١٢٧ر١٤	١٦
أسود (نحاسيك)	٦٨ر٥٧	١٦

رابعاً : الكبريت والأوكسيجين يتحد أحدهما بالآخر ويكونان ثانى أوكسيد وثالث أوكسيد الكبريت بنسب مبينة بالجدول المرافق الذى يرى منه أن النسبة بين مقدارى الأوكسيجين المتحدين بمقدار واحد من الكبريت هى ٢ : ٣

من كل ما تقدم من أمثلة يسهل فهم القانون الثانى للاتحاد الكيماوى الذى كان دالتون أول من وضعه (عام ١٨٠٢) بعد فحص عدة أحوال كان اتحاد عنصرين فيها بنسب مختلفة منتجاً لمركبات متباينة ويعرف هذا القانون باسم (قانون النسب المتضاعفة) ويلخص فيما يأتى :

الأوكسيد	كبريت	أوكسيجين
ثانى أوكسيد الكبريت	٣٢	٣٢
ثالث « «	٣٢	٤٨

قانون النسب المتضاعفة : إذا تحد عنصران (ا) ، (ب) ونتج عن اتحادهما عدة مركبات كانت النسبة بين أوزان أحدهما (ب) التى تتحد بمقدار واحد من الثانى (ا) نسبة عددية بسيطة

ملاحظة

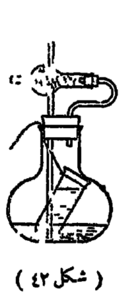
لا يجب أن يفهم من هذا القانون أنه يتعارض مع قانون النسب الثابتة ولايضاح ذلك نضرب المثل بأوكسيدى الكربون فثانى أوكسيد الكربون دائماً يتكون من اتحاد الكربون والأوكسيجين بنسبة ١٢ : ٣٢ مهما كان مصدره ومهما كانت طريقة الحصول عليه كذلك أول أوكسيد الكربون يتكون من اتحاد الكربون والأوكسيجين بنسبة ١٢ : ١٦ فالأوكسيدان مع موافقة كل منهما لقانون النسب الثابتة توجد بينهما علاقة أخرى هى ما تنفق مع قانون النسب المتضاعفة

قانون النسب المتبادلة :

٥ :

إيجاد وزن الماغنيسيوم الذى يحل محل جرام من الأيدروجين فى حامض :

زن قدراً من الماغنيسيوم اللامع لا يزيد على ربع الجرام وضعه



(شكل ٤٢)

فى القارورة المبينة (بشكل ٤٢) وغشه بالماء ثم املأ أنبوبة اختبار صغيرة بحامض الايدروكلوريك المركز وأعد الجهاز كما ترى فى الشكل ثم زن الكل وزناً دقيقاً وأسقط الحامض تدريجياً على الماغنيسيوم بأن تهز القارورة خفة فيحل الفلز فى الحامض محل الايدروجين الذى يخرج منه الجهاز ماراً بكلوريد الكالسيوم فى الأنبوبة ذات الانتفاخ فيمتص منه الرطوبة

كرر صب الحامض حتى يذوب الماغنيسيوم كله ثم ابعث تياراً من الهواء فى القارورة ليحل ما قد يكون فيها من الايدروجين

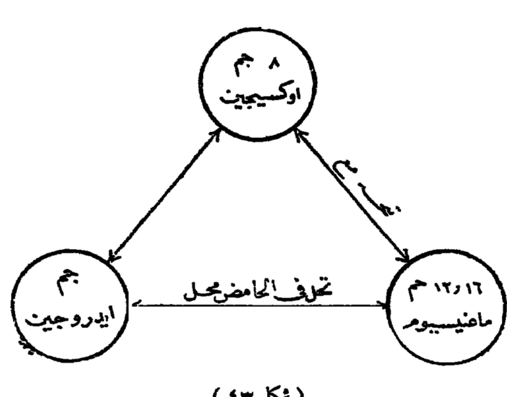
زن القارورة بعد ذلك تجد نقصاً فى الوزن يعادل وزن الايدروجين الذى حل محله الماغنيسيوم

احسب وزن الماغنيسيوم الذى يلزم لاخراج جرام واحد من الايدروجين من الحامض تجده (١٢ر١٦) من الجرام

وقد ثبت بالتجربة أن كل (١٢ر١٦) من جرام الماغنيسيوم تتحد مع (٨) أجرمة من الأوكسيجين لتكوين أوكسيد الماغنيسيوم

وبانعام النظر يتضح أن النسبة بين مقدار الايدروجين الذى يحل محله أى قدر من الماغنيسيوم ومقدار الأوكسيجين الذى يتحد بهذا القدر نفسه من الفلز

هى ١ : ٨ وهى نفس النسبة التى ثبت أن بها يتحد الايدروجين والأوكسيجين لتكوين الماء . ويمكن تمثيل هذه العلاقة (بشكل ٤٣)



(شكل ٤٣)

كذلك أثبتت التجارب الدقيقة التحليلية ما يأتى .

(أولا) يتحد الأوكسيجين بكل من عنصرى الكربون والكبريت بالنسبة الآتية :

أوكسيجين : كربون = ١٢:٣٢ أوكسيجين : كبريت = ٣٢:٣٢

والكربون والكبريت يتحدان بنسبة ١٢ : ٦٤ عند تكوين ثانى كبريتيد الكربون

وبالتأمل فى هذه الأرقام يرى أن النسبة ١٢ : ٣٢ هى مضاعف النسبة ١٢ : ٦٤

ومعنى هذا أن النسبة بين وزنى الكربون والكبريت اللذين يتحدان على انفراد بوزن واحد من الأوكسيجين هى مضاعف بسيط للنسبة التى يتحد بها الكربون والكبريت

(ثانياً) يتحد كل من الكلور والايدروجين على انفراد بالفوسفور بالنسب الآتية

فوسفور : كلور = ٣١ : ١٠٦ر٥

فوسفور : ايدروجين = ٣١ : ٣

ولكن الكلور والايدروجين يتحدان ببعضهما بنسبة ٣٥.٥ : ١ (أى بنسبة ١٠٦ر٥ : ٣)

وواضح من هذه الأرقام أن النسبة بين وزنى الكلور والايدروجين اللذين يتحدان على انفراد بوزن واحد من الفوسفور هى نفس النسبة التى يتحدان بها مع بعضهما

كل ما تقدم من الأمثلة وكثير غيرها حقائق أثبتتها التجارب الدقيقة ويضمها قانون واحد يعرف باسم (قانون النسب المتبادلة)

قانون النسب المتبادلة

إذا اتحد كل من عنصرين (ا) ، (ب) على انفراد بثالث (حـ) كانت النسبة بين وزنيهما اللذين يتحدان بوزن ثابت من الثالث هى نفس النسبة التى يتحدان بها كل بالآخر أو نسبة مضاعفة لها



(شكل ٤٤) جون دالتون John Dalton ١٧٦٦ — ١٨٤٤

النظرية الذرية أو فرض دالتون :

دهش دالتن لما رآه من حدوث الاتحاد الكيماوى بين العناصر على أنظمة ثابتة ووفقاً لقوانين لايحيد عنها

ففكر فى تعليل هذه الظاهرة وقد هداه تفكيره إلى أن يضع فرضاً تخيلياً للمادة وتركيبها واستطاع أن يفسر به قوانين الاتحاد الكيميائى . ويتلخص هذا الفرض فيما يأتى :—

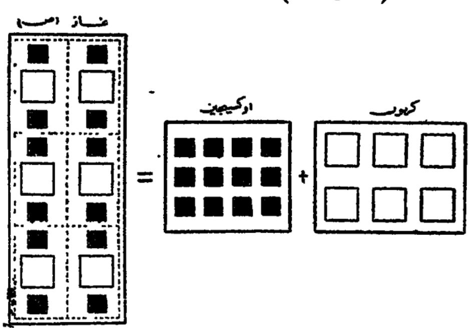
رجع دالتون إلى رأى فلاسفة اليونان الأقدمين ففرض أن المادة تتكون من دقائق صغيرة جدا لا ترى ولا تتجزأ وهى فى حركة دائمة مستمرة وسمى هذه الدقائق الصغيرة (ذرات) وفرض أن ذرات كل مادة متشابهات ومتساويات فى الوزن ولكنها تختلف فى ذلك عن ذرات أى مادة أخرى وفى رأيه أن التفاعل الكيماوى ماهو إلا نتيجة اتصال أو انفصال بين هذه الذرات فاذا اتحد عنصر بآخر مثلا كان اتحادهما عبارة عن اتصال بين ذرات العنصرين وقد يكون هذا الاتصال بين ذرة أو أكثر من أحدهما وذرة أو أكثر من الثانى فيتكون من هذا الاتصال ما سماه دالتون (ذرات مركبة) مجموعها هو ناتج التفاعل — فمادة الكربون (مثلا) فى نظر دالتون تتركب من ذرات صغيرة من الكربون لا تمكن تجزئتها وكلها متماثلة متساوية فى الوزن — وكذلك الأوكسيجين إلا أن ذرات الكربون تختلف عن ذرات الأوكسيجين من حيث الوزن والصفات — واتحاد الكربون بالأوكسيجين ليس إلا انضمام ذرات الأول بذرات الثانى واحدة لواحدة أو واحدة لاثنتين

تلك هى نظرية دالتون الذرية فلننظر كيف يفسر بها كل من القوانين الثلاثة السابقة

تفسير قانون النسب الثابتة

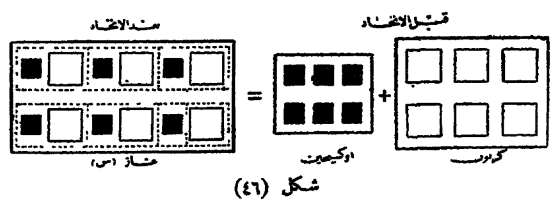
إذا صح (على زعم دالتون) أن تكوين المركبات سببه اتصال ذرات العناصر فلا بد أن تكون هذه المركبات ثابتة التركيب لأن لكل ذرة وزناً

ثابتاً معلوما . ولايضاح ذلك نفرض أن الكربون والأوكسيجين يتحدان بنسبة ذرة من الأول لذرة من الثانى وأن النسبة بين وزن ذرة الكربون ووزن ذرة الأوكسيجين هى ٦ : ٨ وأن ناتج انضمام ذرتى الكربون والأوكسيجين هو (ذرة مركبة) وأن مجموع هذه الذرات المركبة غاز ما (س) مثلا فمن حيث إن جميع هذه الذرات المركبة متماثلة فى التركيب فبدهى أن وزن الكربون والأوكسيجين فى مجموعها (أى فى الغاز س) يكون دائما بنسبة ثابتة ٦ : ٨ (شكل ٤٥) ولنفرض أيضا أنه لظروف أخرى اتحد



شكل (٤٥)

هذان العنصران بنسبة ذرة من الكربون لذرتين من غاز الأوكسيجين وتكونت من ذلك (ذرات مركبة) مجموعها غاز آخر (ص) مثلا فبدهى أن هذا الغاز يتكون بنسبة (٦) أجزاء بالوزن من الكربون إلى (١٦) جزءاً من



شكل (٤٦)

الأوكسيجين أى أن وزنى الكربون والأوكسيجين فى هذا الغاز يكونان دائماً بنسبة ثابتة ويقال مثل هذا فى أى مركب آخر (شكل ٤٦)

تفسير قانون النسب المتضاعفة

لما كانت الذرة (حسب نظرية دالتون) لاتقبل التجزئة نتج أنه إذا اتحد عنصران وجب أن يكون الاتحاد بين عدد صحيح من الذرات وأنه إذا تكون من اتحادهما عدة مركبات كانت ذرات أحدهما التي تتحد بعدد ثابت من ذرات الثاني أعداداً صحيحة يزيد بعضها على بعض بوحدات صحيحة فالكربون والأوكسيجين مثلا قد يتحدان بنسب مختلفة هي (٦ : ٨) أو (١٢ : ١٦) أو (٦ : ٢٤) ذلك لأن الاتحاد بينهما يحدث بنسبة ذرة لذرة أو لاثنتين الخ بمعنى أن ذرة الكربون إذا وجدت تحت ظروف تجعلها تتحد بأكثر من ذرة واحدة من الأوكسيجين فلا بد أن تتحد على الأقل بذرتين ، ولا بد أن يكون مقدار الأوكسيجين الذي يتحد بذرة واحدة من الكربون مضاعفا بسيطاً للعدد (٨) الذي فرضناه دالا على وزن ذرة الأوكسيجين لهذا كان مقدار الأوكسيجين المتحد بكمية واحدة من الكربون في ثاني أوكسيد الكربون وأول أوكسيد الكربون بنسبة ٢ : ١ لأنه يمكن القول بأن ذرة الكربون في الأول تتحد بذرتين من الأوكسيجين بينما هي في الغاز الثاني تتحد بذرة واحدة منه . كذلك يقال أن ذرة الكبريت تتحد (عند تكوين ثاني أوكسيد الكبريت) بذرتين من الأوكسيجين بينما هي تتحد بثلاث ذرات منه في تكوين ثالث أوكسيد الكبريت ومن هذا تكون النسبة بين وزني الأوكسيجين اللذين يتحدان بمقدار واحد من الكبريت هي ٢ : ٣ وبالمثل يقال عن تكوين أكاسيد النيتروجين الخمسة أن عدد ذرات الأوكسيجين المتحد بذرة واحدة من النيتروجين في أحد الأكاسيد هو (١) وعددها في الثاني (٢) وفي الثالث (٣) وفي الرابع (٤) وفي الخامس (٥) ولذلك فاننا عند تحليل الغازات نجد النسبة بين مقادير الأوكسيجين المتحدة بمقدار واحد من النيتروجين هي ١ : ٢ : ٣ : ٤ : ٥

تفسير قانون النسب المتبادلة

إذا وجدنا عنصرين (ا) ، (ب) يتحدان بنسبة $\frac{١٢}{١٦}$ مثلا وفرضنا للسهولة أن اتحادهما نتج من انضمام ذرة واحدة من (ا) إلى ذرة واحدة

من (ب) فان النسبة $\frac{١٢}{١٦}$ تكون نسبة وزن ذرة من (ا) إلى وزن ذرة من (ب) — وإذا وجدنا بالتحليل أن العنصر (ب) يتحد بثالث (ح) بنسبة $\frac{١٦}{٤٫٠}$ مثلا وفرضنا أن اتحادهما ماشيء من انضمام ذرة من (ب) الى ذرة من (ح) فالنسبة $\frac{١٦}{٤٫٠}$ تكون نسبة وزن ذرة (ب) إلى وزن ذرة (ح) فتكون النسبة بين وزن ذرة (ا) ووزن ذرة من (ح) هى $\frac{١٢}{٤٫٠}$ فلو أمكن اتحاد العنصر (ا) بالعنصر (ح) فاتحادهما (وفقاً لفرض دالتون) يكون بانضمام ذرة أو أكثر من (ا) إلى ذرة أو أكثر من (ح) أى أنهما يتحدان بنسبة $\frac{١٢}{٤٫٠}$ أو نسبة مضاعفة لها

أسـئله

١ — اذكر طريقة لتعيين تركيب أوكسيد الخارصين من جهة الوزن

٢ — اذكر قانون النسب الثابتة ووضح كيف يمكنك إثبات صحته بالتجارب

٣ — اذكر قوانين الاتحاد الكيميائى من جهة الوزن . ما هى الفروض التى وضعت لتعليلها ؟

٤ — يحتوى أوكسيد النحاس الأحمر على ٨٨٫٨ ٪ من النحاس وأوكسيد النحاس الأسود ٧٩٫٨٧ ٪ من النحاس أثبت أن هذا يتفق مع قانون النسب المضاعفة

٥ — إذا كان أوكسيد النيتروز يحتوى على ٣٦٫٣٦ ٪ أوكسيجيناً وأوكسيد النيتريك ٥٣٫٣٢ ٪ أوكسيجيناً وفوق أوكسيد النيتروجين ٦٩٫٥٧ ٪ أوكسيجيناً فبين أن هذه الحقائق تتفق مع قانون النسب المتضاعفة

٦ — هل الأعداد الآتية توضح قانون النسب الثابتة : —

الحديد الناتج من اختزال ٢٫٤ جم من أوكسيد الحديد بواسطة الايدروجين يساوى ١٫٦٨

الحديد الناتج من اختزال ٢٫٩ جم من أوكسيد الحديد بواسطة الايدروجين يساوى ٢٫٠٣ جم

٧ — للحديد كبريتيدان هما كبريتيد الحديد وبيريت الحديد وإذا سخن الاثنان تسخيناً شديداً فى تيار من الايدروجين تحولا إلى فلز الحديد وقد وجد بالتجربة أن :

أولا :

وزن الحديد الناتج من اختزال ١٫٢١ جم من كبريتيد الحديدوز = ٠٫٧٧ جم

ثانياً :

وزن الحديد الناتج من اختزال ١٫٣٥ جم من بيريت الحديد = ٠٫٦٣ جم

فهل يوضح هذا قانون النسب المتضاعفة أم لا ؟

٨ — إذا اتحدت ثلاثة عناصر مثنى مثنى فما الارتباط بين أوزانها التى تتحد بها ؟ مثل لهذا بمثال عددى

٩ — عرف الذرة واذكر فروض دالتون فى الذرات وبين كيف يمكنك استخدام هذه الفروض فى تفسير قانون النسب المتضاعفة

١٠ — اشرح تجربة تعين بها النسبة التى يتحد بها الايدروجين والأوكسيجين بالوزن لتكوين الماء

الباب السادس

قانون الاتحاد الكيماوى من جهة الحجم

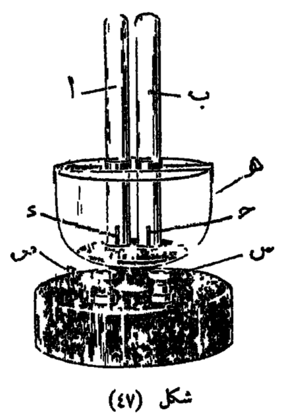
نبدأ هذا الباب بشرح الطرق المتبعة لتعيين التركيب الحجمى للماء

التركيب الحجمى للماء

أولا : طريقة التحليل

يحلل الماء بالتيار الكهربى فى فولتامتر كالمبين بشكل ٤٧ ويجرى العمل كما فى التدريب الآتى : —

تدريب ١ *



شكل (٤٧)

املأ الأناء (هـ) بماء تكون قد أضفت إليه قليلا من حامض الكبريتيك ، واملأ من نفس الماء أنبوبتى الاختبار (ا ، ب) ونكسهما فوق صفيحتى البلاتين (ج ، د) ثم صل المسمارين (س ، ص) إلى قطبى بطارية كهربية مكونة من ثلاثة أو أربعة أعمدة ، وأمرر تيار الكهربية فى الجهاز مدة من الزمن .

لاحظ تولد فقاقيع غازية عند الصفيحتين تعلو وتجتمع فى أعلى الأنبوبتين

لاحظ أن حجم الغاز الذى يتجمع فوق الصفيحة المتصلة بالقطب الموجب للبطارية فى أى زمن معين يكون نصف حجم الغاز المتجمع فى الأنبوبة المنكسة فوق الصفيحة المتصلة بالقطب السالب .

اجمع فى كل من الأنبوبتين مقداراً من الغاز يكفى للكشف عنه .

أخرج الأنبوبة الحاوية للغاز الأكبر حجما ، بعد أن تسدها بأبهامك ، وقرب من فوهتها لهب عود ثقاب ، تجد الغاز فيها ايدروجينا قابلا للاشتعال .

اكشف عن الغاز المتجمع فى الأنبوبة الثانية تجده يلهب الشظية المتقدة فهو أوكسيجين .

من هذا التدريب يرى أن غازى الايدروجين والأوكسيجين ينفصلان بتأثير التيار الكهربى فى الماء وتكون النسبة بين حجميهما ٢ : ١ ، بمعنى أن الماء يتكون من اتحاد حجمين من الايدروجين بحجم واحد من الأوكسيجين بفرض أن هذه الحجوم قيست فى درجة حرارة واحدة وتحت ضغط واحد . ويجب ألا يفهم من هذا أن حجم الماء الحادث يكون مساوياً لمجموع حجمى الايدروجين والأوكسيجين المحدثين له .

طريقة التأليف

الجهاز الذى يستخدم فى هذه الطريقة يسمى الأيديومتر وهو عبارة عن أنبوبة طويلة من الزجاج مدرجة ومقفلة من إحدى نهايتيها ، حيث يمر فيها سلكان من البلاتين يكون طرفاهما الداخلان فى الأنبوبة متقاربين (شكل ٤٨)

تدريب ٢ *

املأ الأيديومتر بالزئبق، ونكسه فى حوض مملوء بالزئبق أيضاً . ثم أدخل فى الأنبوبة من غاز الأوكسيجين الجاف النقى ما يملأ عشر سعتها ، واعلم بالدقة رقم التدريج المحاذى لسطح الزئبق فى الأنبوبة والحوض .

ثم أدخل فى الايديومتر من غاز الايدروجين الجاف النقى مايبلغ حجمه ستة أو سبعة أمثال حجم الأوكسيجين

شكل (٤٨)

واقرأ رقم التدريج المحاذى لسطح الزئبق فى الأنبوبة وفى الحوض . واعلم درجة حرارة الجو والضغط عند إجراء التجربة .

ثبت الأنبوبة فى وضع رأسى بحيث ترتكز بضغط على وسادة من المطاط تضعها فى قاع الحوض ثم ابعث فى الايدومتر شرارة كهربية، بايصال سلكى البلاتين إلى ملف رومكورف متصل ببطارية قوية. بذلك يتحد كل الأوكسيجين بجزء من الايدروجين فى الايديومتر، ويصحب هذا الاتحاد فرقعة، والبخار الحادث من الاتحاد يتكاثف بسرعة.

اترك الجهاز يبرد ويعود لدرجة حرارة الجو، واعلم رقم التدريج فى محاذاة سطح الزئبق فى الأنبوبة وفى الحوض. وعدل حجوم الغازات جميعها بحيث تصير كلها فى درجة حرارة واحدة وضغط واحد، واكشف عن الغاز الباقى فى الايديومتر تجده إيدروجيناً

احسب حجم الايدروجين والأوكسيجين المتحدين تحصل على نتيجة كالآتية :—

حجم الأوكسيجين فى أول الأمر	= ١٢ سم٣
« الايدروجين « « «	= ٨٠ «
« « المتخلف	= ٥٦ «
« « المتحد بالأوكسيجين	= ٢٤ «

أى أن كل ٢٤ حجما من الايدروجين تتحد مع ١٢ حجما من الأوكسيجين عند تكوين الماء، ومعنى هذا أن الماء يتكون من اتحاد الايدروجين والأوكسيجين بنسبة ٢ : ١ بالحجم.

ملاحظة :

إذا أجرى التدريب السابق فى درجة حرارة تزيد على ١٠٠° م فلا يتكاثف بخار الماء الحادث فى الايديومتر وبذلك تسهل مقارنة حجم البخار المتكون وحجمى الايدروجين والأوكسيجين المكونين له ويمكن إجراء ذلك باستخدام إيديومتر ذى فرعين أحدهما (ا) مقفل مدرج والثانى مفتوح وبأسفله صنبور (ج). ويحاط الفرع (ا) بغلاف من الزجاج (ب) أوسع منه يمر فى سداده العلوى أنبوبة من الزجاج على شكل قائمة

يدخل منها بخار سائل يغلى فى درجة أعلى من ١٠٠° م مثل الكحول الأميلى، وفائدة هذا البخار حفظ الأنبوبة (ا) فى درجة أعلى من درجة غليان الماء (شكل ٤٩) فاذا أدخل فى (ا) مقداران من الايدروجين والأوكسيجين بنسبة ٢ : ١ بالحجم، وأمرت شرارة كهربيـــة بين طرفى سلكى البلاتين، يتحد الغازان ولا يتكاثف البخار المتكون بل يبقى بخاراً يمكن قياس حجمه.

شكل (٤٩)

وقد وجد بدقيق التجارب أن حجمين من الايدروجين يتحدان بحجم من الأوكسيجين لتكوين حجمين من بخار الماء.

وهذه الحجوم يجب أن تقاس كلها فى درجة حرارة واحدة وتحت ضغط واحد.

اتحاد الغازات بعضها ببعض — الحقائق الآتية ثابته بالتجارب الدقيقة

١ — يتحد الايدروجين والأوكسيجين بنسبة حجمين من الأول لحجم من الثانى وينتج منها حجمان من بخار الماء فالنسبة بين حجوم الايدروجين والأوكسيجين المتحدين وحجم بخار الماء الناتج من الاتحاد هى ٢ : ١ : ٢

٢ — يتحد الكلور والايدروجين بنسبة حجم من الأول لحجم من الثانى ويتكون حجمان من كلوريد الايدروجين فالنسبة بين حجمى الغازين المتحدين والغاز الناتج من اتحادهما هى ١ : ١ : ٢

٣ — يتحد حجم من النيتروجين بثلاثة حجوم من الايدروجين وينتج من اتحادها حجمان من النشادر فتكون النسبة بين حجوم الغازين المتفاعلين والغاز الناتج هى ٣ : ١ : ٢

٤ — يتحد حجمان من أول أوكسيد الكربون بحجم من الأوكسيجين ويتكون حجمان من ثانى أوكسيد الكربون فتكون النسبة بين

حجمى الغـازين المتحدين وحجم الغاز النـاتج عنهما هى ٢ : ١ : ٢

اتحاد مواد صلبة بغازات : ثبت بالتجارب ما يأتى :

١ — يتحد الـكربون الصلب بالأوكسيجين وينتج من اتحـادهما من ثانى أوكسيد الـكربون ما يكون حجمه مساوياً حجم الأوكسيجين

٢ — يتحد الـكبريت الصلب بالأوكسيجين وينتج من الاتحاد مقدار من ثانى أوكسيد الـكبريت يكون حجمه مساوياً حجم الأوكسيجين

٣ — يحترق الفوسفور فى أوكسيد النيتريك وينتج من التفاعل نيتروجين وأوكسيد الفوسفور ويعبر عن التفاعل بالمعادلة الآتية :

حجمان من أوكسيد النيتريك + فوسفور (صلب) = حجم من النيتروجين + أوكسيد فوسفور (جسم صلب)

ومعنى هذا أن حجم النيتروجين الناتج من التفاعل يسـاوى نصف حجم أوكسيد النيتريك الأصلى

قانون الحجوم لجاى لوساك GAY LUSSAC

يتضح من الحقائق السابقة أنه إذا قيست حجوم الغازات التى تشترك فى تفاعل كيميائى والتى تنتج منه فانه يوجد بينها ارتباط بسـيط ما دامت كلها مقيسة فى درجة حرارة واحدة وتحت ضغط واحد

وكان أول من كشف هذه الظاهرة هو العلامة جاى لوساك سنة ١٨١١ وقد وضع لها قانوناً يسمى باسمه يتلخص فيما يأتى :

قانون جاى لوساك . بين حجوم الغازات الداخلة فى تفاعل كيماوى والناتجة منه تناسب عددى بسيط

أعلن غايلوساك هذا القانون بعد أن نشر دالتون نظريته بزمن قليل وظهر أنه يمكنه تفسيره بواسطة هذه النظرية فان فى اتحاد حجم من الايدروجين

مثلا بمثله من الكلور وتكوين غاز كلوريد الايدروجين إشارة إلى أن الدقيقة (الذرة المركبة) من الحامض مكونة من اتحاد ذرة من الايدروجين بمثلها من الكلور . كذلك عند تكوين الماء يتحد حجمان من الايدروجين بحجم واحد من الأوكسيجين ويفسر ذلك بأن اتحاد الغازين يحدث من انضمام الذرة الواحدة من الأوكسيجين إلى ذرتين من الايدروجين لتكوين دقيقة (أى ذرة مركبة) من الماء ، أى أن اتحاد الغازات بعضها ببعض خاضع للنظرية الذرية

وينتج من هذا التفسير أن الحجوم المتساوية من الغازات تحوى عدداً واحداً من الذرات ولنضرب المثل الآتى إيضاحاً لذلك :

١ — تصور صندوقين متساويى السعة فى أحدهما كرات بيضاء متشابهة فى كل شيء وفى الثانى كرات سوداء متشابهات وإن الكرات صغيرة جداً بحيث أن مايوجد منها فى كل صندوق لايملأ إلا جزءاً صغيراً من فراغه وتصور أن الكرات تمثل ذرات عنصرين غازيين

فاذا فرض أنك أخذت كرة من كل صندوق وضممت الكرتين لتجعل منهما كرة مركبة وأنك كررت هذا العمل مراراً عديدة ووجدت أن الصندوقين فرغا فى آن واحد فلا شك أنك تستنتج أن الصندوقين كانا يحويان عدداً واحداً من الكرات (أى أن فى الحجوم المتساوية من الغازات تحوى عدداً واحدا من الذرات)

هذا المثال يمثل اتحاد الايدروجين بالكلور فى بعض الوجوه

٢ — تصور أن لديك عدة من الصناديق ذات السعة الواحدة بعضها يحوى كرات بيضاء والبعض به كرات سوداء وإنك أخذت كرتين من الكرات السوداء وكرة من الكرات البيضاء لتجعل من الكرات الثلاث كرة مركبة وإنك كررت هذا العمل مراراً فوجدت أنك تستنفد صندوقا من الكرات البيضاء مع صندوقين من الكرات السوداء ففى هذا المثال يتمثل اتحاد الايدروجين بالأوكسيجين لتكوين الماء

هـذا هو ماخطر لغايلوساك عندما أراد تطبيق نظرية دالتون على قانون الحجوم فوضع فرضاً جاء فيه (أن الحجوم المتساوية من الغازات تحوى — فى درجة حرارة واحدة وتحت ضغط واحد — عددا واحداً من الذرات)

ولكن ظهر فساد هذا الرأى فيما بعد والمثال الآتى يظهر ذلك

يتحد الكلور والايدروجين ويتكون منهماغاز حامض الأيدروكلوريك وقد ثبت أن حجما من الايدروجين + حجم واحد من الكلور = حجمين من كلوريد الايدروجين

فلو كان الفرض السابق صحيحاً وكان كل حجم يحوى (س) من الذرات لنتج أن

س من ذرات الايدروجين + س من ذرات الكلور = ٢ س من ذرات حامض الايدروكلوريك (المركبة)

وبالقسمة على س ينتج أن

ذرة من الأيدروجين + ذرة من الكلور = ذرتين من حامض الايدروكلوريك (مركبتين)

فلابد أن الذرة (المركبة) من حامض الأيدروكلوريك تكون قد نتجت من اتحاد نصف ذرة من الايدروجين بنصف ذرة من الكلور

وينتج من هذا أنه لو صح فرض غايلوساك لكان من الممكن أن تتجزأ الذرة من الكلور والايدروجين إلى نصفين على الأقل وهذا مخالف للنظرية الذرية القائلة بعدم إمكان تجزئة الذرة فاما أن الفرض السابق خطأ أو أن النظرية غير صحيحة

فرض أفوجادرو :

أفوجادرو عالم كيماوى شهير نشأ فى إيطاليـا ووجد بها حين أعلنت النظرية الذرية فآمن بها وقد نشر فى أيامه قانون غايلوساك فاعتقد بصحته ورأى التضارب الذى نشأ من تفسير القانون بالفرض السابق فأراد أن يوفق بين النظرية الذرية وقانون الحجوم

وقد رأى أفوجادرو ضرورة التميز بين نوعين من الدقائق الصغيرة فسمى الدقيقة من العنصر ذرة ومن الجسم المركب جزيئاً (وكان دالتون لا يميز بينهما بل يطلق عليهما اسما واحدا) وقال إن جميع المواد (سواء أكانت عنصرية أم مركبة) تتركب من ذرات فالايدروجين مثلا يتكون من ذرات من الايدروجين وكذلك الكلور والأوكسيجين كما أن غازحامض الايدروكلوريك يتركب من اتحاد ذرات الايدروجين بذرات الكلور إلا أن الذرة الواحدة من الايدروجين والذرة الواحدة من الكلور إذا اتحدتا كونتا جزيئاً من غاز حامض الأيدروكلوريك (وكان دالتون يسميها ذرة مركبة للغاز)

ومن رأى أفوجادرو أيضاً أن للجزيئات من الصفات والخواص الكيماوية ما يتضح فى المادة نفسها لجزىء غاز حامض الايدروكلوريك مثلا له نفس صفات غاز حامض الايدروكلوريك وجزىء السكر تتضح فيه كل الصفات المعروفة لمادة السكر فالجزىء فى اعتقاده هو أصغر جزء من المدة يوجد على حالة انفراد وتتضح فيه صفات المادة نفسها

وكذلك تصور أفوجادرو أن الذرة وعلى الأخص فى الغازات) لا توجد على حالة انفراد فهى بطبيعتها تميل إلى أن تنضم إلى غيرها فالمخبار المتلىء بالايدروجين مثلا لا تكون ذرات الايدروجين فيه منفردة بل منضمة بعضها لبعض مكونة لجزيئات من الايدروجين وقد يحوى الجزىء من العنصر الغازى ذرتين أو أكثر وتكون ذرات جزيئات العنصر من نوع واحد ومتساوية فى الوزن أما جزىء الجسم المركب فيحتوى على ذرتين (على الأقل) أو أكثر من نوعين أو أكثر

وعرف أفوجادرو الذرة بأنها أصغر جزء من المادة يشترك فى تفاعل كيماوى

وهناك أسباب كثيرة وظواهر عدة تحمر على الاعتقاد بامكان تكوّن المواد من جزيئات صغيرة منفصلة بعضها عن البعض خصوصاً ما كان منها

غازاً فانه لولا ذلك لما أمكننا تفسير كثير من الخواص الطبيعية للغازات كقابليتها للانضغاط والانكماش والتمدد فلا يعلل تقلص حجم الغاز بالضغط إلا إذا اعتقدنا أن جزيئات الغاز منفصلة عن بعضها البعض بمسافات كبيرة وأن تأثير الضغط ما هو إلا تقريب الجزيئات بعضها لبعض وإنقاص هذه المسافات ولا يفسر تمدد الغاز بالحرارة إلا بأن الجزيئات تبعد عن بعضها البعض فتزداد المسافات بين الجزيئات ولا يفسر حلول غازين مختلفين فى حيز واحد إلا بفرض وجود مسام فى كل منهما فتحتل جزيئات أحدهما المسافات التى توجد بين جزيئات الثانى — كل هذه دلائل قوية تثبت أن الغازات ليست مندمجة بل مسامية التركيب

فاذا تقرر ذلك أمكن الحكم بأن السوائل والمواد الصلبة أيضاً ذات تركيب مسامى لأن المادة الواحدة كالكبريت والماء مثلا يمكن أن توجد فى حالات مختلفة هى الصلابة والسيولة والغازية . ويتعذر تفسير سبب ذوبان الغازات والأجسام الصلبة فى السوائل وامتزاج السوائل بعضها ببعض إلا إذا فرض أن للسوائل مساماً

وانتشار الغازات أيضاً مما يبعث على الاعتقاد بأن جزيئاتها منفصلة عن بعضها البعض وأنها فى حركة مستمرة وليس أدل على ذلك من أنك إذا فتحت فى أحد أركان غرفة زجاجة صغيرة جداً من غاز كبريتيد الايدروجين فان رائحة الغاز تنتشر فى جميع أنحاء الغرفة دلالة على انتقال جزيئات الغاز وأنك إذا تركت مخباراً مملوءاً بالايدروجين عارياً فان الغاز يتسرب منه إلى الهواء سواء أكان المخبار معتدلا أم منكساً وكان يجب فى حالة التنكيس أن يبقى الايدروجين فى المخبار لقلة كثافته عن الهواء — كل هذه أدلة على أن جزيئات الغازات لا تستقر فى نقطة واحدة بل تنتقل من مكان لآخر

الآن وقد فهمنا الأسباب التى دعت أفوجادرو إلى أن يؤمن بالتركيب الجزيئى المسامى للمواد فانا نذكر ما فرضه عن الغازات وهذا نصه :

فرض افوجادرو : الحجوم المتساوية من الغازات ـــ فى درجة حرارة واحدة وتحت ضغط واحد ـ تحوى عدداً واحداً من الجزيئات

بهذا الفرض يسهل التوفيق بين النظرية الذرية وقانون الحجوم كما يأتى :ـ

قبل المزج — بعد المزج — بعد الاتحاد

حجم ايدروجين + حجم كلور = حجمين من ايدروجين وكلور = حجمين من كلورور الايدروجين

شكل (٥٠)

نمثل باتحاد الايدروجين والكلور ونفرض أن جزىء كل منهما يحتوى على ذرتين وأن جزىء حامض الايدروكلوريك يتكون من اتحاد ذرة من الايدروجين بذرة من الكلور ولنتصور اتحاد أى عدد من جزيئات الغازين (أربعة مثلا) . فاذا كان فرض أفوجادرو صحيحا أمكن تمثيل اتحاد الغازين (بشكل ٥٠) وفيه الدائرة البيضاء تمثل ذرة من الايدروجين والدائرة السوداء تمثل ذرة من الكلور فيكون جزىء الايدروجين ممثلا بدائرتين بيضاوين وجزىء الكلور بدائرتين سوداوين وهذا فعلا يتفق مع نتائج التجارب أى أن فرض افوجادرو يوفق بين نظرية دالتون وقانون الحجوم

ويمثل (شكل ٥١) اتحاد الايدروجين والأوكسيجين لتكوين الماء

قبل المزج — بعد المزج — بعد الاتحاد

حجمان من الايدروجين + حجم اوكسيجين = ٣ حجوم من مزيج الغازين = حجمين من بخار الماء

شكل (٥١)

بفرض أن الدائرة البيضاء تمثل ذرة من الايدروجين والدائرة السوداء ذرة من الاوكسيجين وأن جزىء كل من هذين الغازين به ذرتان وأن كل حجم يحوى ستة جزيئات وظاهر من الشكل أنه يتكون حجمان من بخار الماء بكل

حجم منهما ستة جزيئات وأن جزيء بخار الماء ينتج من اتحاد ذرتين من الايدروجين وذرة من الأوكسيجين .

ملاحظة :

فرض افوجادرو لا ينطبق إلا على الحالات التى تنقاد فيها الغازات لقانونى بويل وشارل وقد وضحنا هذه الحالات عند الكلام على هذين القانونين

حقيقة تكوين الجزيئات :

يمكن استخدام فرض أفوجادرو فى معرفة تركيب جزيئات العناصر الغازية والأمثلة الآتية توضح ذلك :

مثال (١) :

حجم من الكلور + حجم من الايدروجين = حجمين من كلوريد الايدروجين .

∴ س جزيئات من الكلور + س جزيئات من الايدروجين = ٢ س جزيئات من كلوريد الأيدروجين .

∴ جزيء من الكلور + جزيء من الايدروجين = جزيئين من كلوريد الايدروجين .

∴ نصف جزيء من الكلور + نصف جزيء من الايدروجين = جزيئاً من كلوريد الايدروجين .

ويستنتج من ذلك أن كلا من جزيء الايدروجين والكلور ينقسم فى هذا التفاعل إلى قسمين فهو يحوى عدداً زوجياً من الذرات وهذا يكون على الأقل اثنين .

مثال (٢) :

حجم من الأوكسيجين + حجمين من الايدروجين = حجمين من بخار الماء .

∴ س جزيئات من الأوكسيجين + ٢ س جزيئات من الايدروجين = ٢ س جزيئات من بخار الماء .

∴ ١ جزىء من الأوكسيجين + ٢ جزىء أيدروجين = ٢ جزىء من بخار الماء .

∴ ½ جزىء من الأوكسيجين + ١ جزىء ايدروجين = ١ جزىء من بخار الماء .

أى أن جزىء الأوكسيجين فى هذا التفاعل ينقسم إلى قسمين أيضاً فهو يحوى على الأقل ذرتين .

مثال (٣) :

حجمان من أول أوكسيد الكربون + حجم من الأوكسيجين = حجمين من ثانى أوكسيد الكربون .

∴ ٢ س جزيئات من أول أوكسيد الكربون + س جزيئات من الأوكسيجين = ٢ س جزيئات من ثانى أوكسيد الكربون .

∴ جزىء من أول أوكسيد الكربون + ½ جزىء من الأوكسيجين = ١ جزىء من ثانى أوكسيد الكربون .

بمعنى أن الجزىء من الأوكسيجين ينقسم فى هذا التفاعل إلى قسمين فهو يحوى على الأقل ذرتين .

مثال (٤) :

حجم من النيتروجين + ثلاثة حجوم ايدروجين = حجمين من النشادر .

∴ س جزىء من النيتروجين + ٣ س من جزيئات الايدررجين = ٢ س جزيئات من النشادر .

∴ ½ جزىء من النيتروجين + ١ ½ جزىء من الايدروجين = جزىء من النشادر .

ومعنى ذلك أن كلا من جزىء النيتروجين والايدروجين ينقسم فى هذا التفاعل إلى قسمين فهو يحوى على الأقل ذرتين

أسئلة

١ — اذكر قانون الاتحاد الكيميائى من جهة الحجم ومثل له بمثالين

٢ — اذكر فرض أفوجادرو . ما السبب الذى لأجله وضع هذا الفرض ؟

٣ — إذا فرضنا أن ٥٠ سم^{٣} من غاز الأوكسيجين تحتوى على « ن » جزيئاً فما عدد الجزيئات الموجودة فى (ا) ١٠٠ سم^{٣} من الايدروجين (ب) ٢٥ سم^{٣} من ثانى أوكسيد الكربون (ح) ١٥٠ سم^{٣} من بخار الماء ، مع العلم بأن هذه الحجوم محسوبة كلها فى درجة حرارة واحدة وضغط واحد

٤ — ما التجارب التى جعلت جاى لوساك يضع قانونا خاصاً باتحاد الغازات وما الفرض الذى وضع لتفسيرهذا القانون ولمن ينسب الفضل فى وضع هذا الفرض ؟

٥ — إذا سلمنا بصحة فرض أفوجادرو فكيف تثبت أن كلا من جزىء الأوكسيجين والايدروجين والكلور يحتوى على عدد زوجى من الذرات ؟

٦ — متى تكون الذرات الموجودة فى جزىء المادة كلها من نوع واحد ومتى تكون من أنواع مختلفة

٧ — ماذا يبعث على الاعتقاد بأن المادة ذات تركيب مسامى وبأن جزيئاتها فى حركة مستمرة ؟

٨ — اعتقد بعض العلماء قديماً أن الحجوم المتساوية من الغازات تحتوى تحت ضغط واحد وفى درجة حرارة واحدة على عدد واحد من الذرات . بين وجه الخطأ فى هذا الاعتقاد

٩ — صف الجهاز المسمى فولتامترا واشرح كيف يستعمل لتعيين نسبة تكوين الماء بالحجم

١٠ — صف الايديومتر واشرح كيف يستخدم لتعيين نسبة تكوين الماء حجما . ما التعديل اللازم عمله فى هذا الجهاز لتعيين النسبة بين حجم بخار الماء الناتج وحجم كل من الايدروجين والأوكسيجين المتحدين ؟

١١ — كيف تستنتج نسبة تكوين الماء بالوزن من نسبة تكوينه الحجمى إذا علمت كثافة كل من الايدروجين والأوكسيجين ؟

الباب السابع

المكافئات

الأوزان المكافئة :

وجد بعمليات التحليل الدقيق أن الماء يحوى غازى الايدروجين والأوكسيجين بنسبة ١١ر١١ : ٨٩ر٨٨ بالوزن بمعنى أن كل (١١ر١١) جم من الايدروجين تتحد مع (٨٩ر٨٨) جم من الأوكسيجين لتكوين (١٠٠) جرام من الماء .

أى أن الجزىء الواحد من الايدروجين يتحد بثمانية أجزاء وزنية من الأوكسيجين لتكوين تسعة أجزاء من الماء كذلك ثبت من التجارب أن الماغنيسيوم يتأثر بالأحماض فيحل فيها محل الايدروجين وأن كل (١٦ر١٢) جم من الماغنيسيوم تحل محل الجرام الواحد من الايدروجين أياً كان نوع الحامض وينتج من هذا أن (١٦ر١٢) جزءاً بالوزن من الماغنيسيوم تقوم فى التفاعلات الكيماوية مقام الجزء الواحد من الايدروجين أى تكافئه ولذلك وجدنا عند تحليل (أو تكوين) أوكسيد الماغنيسيوم أنه يتكون من اتحاد الماغنيسيوم والأوكسيجين بنسبة ١٦ر١٢ : ٨ بالوزن وقد علم أيضاً أن الصوديوم يؤثر فى الماء فيطرد منه الايدروجين ويحل محله وقد وجد أن كل (٢٣) جم من هذا الفلز تخرج من الماء جراما من الايدروجين أى أن كل (٢٣) جم من الصوديوم تحل فى التفاعلات الكيماوية محل الجرام الواحد من الايدروجين وتقوم مقامة فهى من هذه الوجهة تكافىء (١٦ر١٢) جم من الماغنيسيوم أى أن كلا منهما يمكن أن يحل محل الآخر فى التفاعلات الكيماوية وفعلا ثبت أن كل (٢٣) جزءاً من الصوديوم تتحد بثمانية أجزاء من الأوكسيجين لتكوين أوكسيد الصوديوم .

ويتحد الكلور والايدروجين بنسبة (٣٥ر٥ : ١) بالوزن لتكوين كلوريد الايدروجين فلا شك أن أن كل (٣٥ر٥) جزء بالوزن من غاز الكلور تقوم مقام (٨) أجزاء بالوزن من الأوكسيجين لأن كلا منهما يمكن أن يتحد بمقدار واحد من الايدروجين فهما مقداران متعادلان أو متكافئان .

فالمقادير الوزنية الآتية للعناصر المذكورة تعد مكافئة بعضها لبعض من حيث إمكان حلول كل منها محل الآخر فى التفاعلات الكيماوية .

ايدروجين	أوكسيجين	ماغنيسيوم	صوديوم	كلور
١	٨	١٢ر١٦	٢٣	٣٥ر٥

ولسهولة مقارنة الأوزان المكافئة للعناصر يجب الاتفاق على عنصر منها ويعلم مقدار أوزان العناصر الأخرى التى تتحد بجزء واحد منه بالوزن أو تحل محله وقد اختير الايدروجين لذلك فيعرف الوزن المكافىء لعنصر بما يأتى :

تعريف : الوزن المكافىء لعنصر ما هو مقدار ما يتحد منه بجزء واحد بالوزن من الايدروجين أو يحل محله .

فالوزن المكافىء للأوكسيجين هو إذن (٨) ومكافىء الماغنيسيوم (١٢ر١٦) ومكافىء الصوديوم هو (٢٣) الخ .

ملاحظة : لما كانت بعض العناصر لا تتحد بالأيدروجين ولا تحل محله بسهولة ولما كان الجزء الواحد من الايدرجين مكافئاً لثمانية أجزاء من الأوكسيجين فانه يمكن تعريف الوزن المكافى بما يأتى : —

تعريف : مكافىء العنصر هو وزنه الذى يتحد مع أو يحل محل جزء واحد بالوزن من الايدروجين أو ثمانية أجزاء بالوزن من الأوكسيجين .

وإذا كان العنصر لا يتحد بالايدروجين أو الأوكسيجين ولا يحل محلهما فوزنه المكافىء هو وزنه الذى يتحد مع أو يحل محل الوزن المكافىء لعنصر آخر .

طرق تعيين المكافئات

تختلف طرق تعيين مكافىء العنصر باختلاف طبيعة المركبات التى يدخل العنصر فى تركيبها وأهم هذه الطرق ما يأتى :

الطريقـة الأولى : تأليف مركب من العنصر والأيدروجين

إذا كان العنصر يتحـد بالايدروحين (مثل الـكلور أو الأوكسيجين) فأسهل طريقة لتعيين وزنه المكافىء أن تجرى تجربة وزنية تكون نتيجتها تـكوين مركب من الأيدروجين والعنصر فاذا أمكن وزن اثنين من المواد الثلاثة (وهى العنصر والأيدروجين والمركب الناتج من اتحادهما) كان من السهل إيجـاد مكافىء هـذا العنصر وقد وجـد بهذه الطريقة أن مكافىء الأوكسيجين (٨)

الطريقة الثانية : تحليـــل الأوكسيد

إذا لم يمكن اتحـاد العنصر بالأيدروجين أو كان المركب منهما سريع الانحلال فيلجأ إلى طريقة تأليف الأوكسيد أو تحليله) ويكون مكافىء العنصر هو وزنه الذى يتحد مع (٨) وحدات وزنية من الاوكسيجين ويسهل تحليل الأوكسيد بعملية الاختزال أما التأليف فيتبع فيه إحدى الطريقتين الآتيتين

تمرين ١ : إيجـاد الوزن المكافىء للماغنيسيوم

زن بوتقة نظيفـة من الخزف بغطائها وزناً دقيقاً واجعل بهـا قدر (١٢ سم) من شريط الماغنيسيوم اللامع ثم زن الكل مرة ثانية لتعلم وزن الشريط وحده

ضع البوتقة على مثلث من الفخار فوق حامل من الحـديد وسخنها مدة من الزمن مراعياً أن يرفع الغطـاء بين كل لحظة وأخرى لتجـدد الهواء على الفلز ومتى تم احتراقه أبعد اللهب واترك البوتقة تبرد ثم زن مرة ثالثة . أعد عمليات التسخين والتبريد والوزن حتى يتفق الأخير فى عمليتين متتاليتين ثم دون نتائجك كالآتى :

وزن البوتقة + الغطاء + الماغنيسيوم = جم

« « « فقط = «

∴ « الماغنيسيوم = «

« البوتقة + الغطاء + أوكسيد الماغنيسيوم = «

∴ « أوكسيد الماغنيسيوم = «

∴ « الأوكسجين = «

∴ « الماغنيسيوم الذى يتحد مع (٨) جم من الاوكسيجين = «

فاذا راعيت الدقة فى العمل تجد أن الوزن المكافىء للماغنيسيوم هو ١٦ر١٢

تدريب ٢ : إيجاد الوزن المكافىء للنحاس

إذا كان الفلز لا يحترق بسهولة فى الهواء كالنحاس فتتبع الطريقة الآتية فى إيجاد وزنه المكافىء

زن بوتقة بغطائها ثم اجعل بها قدر جرام من برادة النحاس ثم زنها مرة ثانية لتعلم وزن النحاس

صب بضع قطرات من الماء على الفلز وأتبعها بقطرات من حامض النيتريك المركز ثم غط البوتقة بسرعة تغطية غير محكمة بحيث يسهل خروج الغاز الأسمر الناتج من التفاعل وبعد أن ينقطع خروج هذا الغاز ارفع الغطاء فاذا لم يكن الفلز قد ذاب بأجمعه أضف قليلا من الحامض وغط البوتقة وكرر ما سبق حتى يذوب الفلز عن آخره

ضع البوتقة مغطاة (بغير إحكام) على حمام رملى وسخنها بنار هادئة حتى يتبخر ما فيها وتجف المادة المتخلفة التى ليست إلا (نيترات النحاس)

انقل البوتقة بالغطاء إلى مثلث من الفخار فوق حامل من الحديد وسخنها حتى تنحل النيترات وتتحول إلى أوكسيد النحاس وأبعد اللهب عند ماينقطع

تصاعد الغاز منها واترك البوتقة تبرد ثم زنها وأعد عمليات التسخين والتبريد والوزن حتى يتفق وزنان متتاليان

دون نتائجك بشكل كالمبين فى التدريب السابق فاذا كان عملك دقيقاً تجد أن مكافىء النحاس ٣١ر٧٨

الطريقة الثالثة : إحلال العنصر محل الايدروجين

بعض الفلزات كالحديد والخارصين والماغنيسيوم لا تكون مركبات مع الايدروجين ولكنها تحل محله فى الأحماض المخففة فيسهل تعيين مكافئات مثل هذه الفلزات بمعرفة ما يلزم من كل منها للحلول محل جزء واحد بالوزن من الايدروجين وبهذه الطريقة وجد أن مكافىء الماغنيسيوم (١٢ر١٦) ومكافىء الخارصين (٣٢ر٧) ومكافىء الحديد (٢٧ر٧)

تدريب ٣ :

الغرض من هذا التدريب معرفة مكافىء فلز بواسطة تأثير حامض مخفف فى وزن معلوم من الفلز (س جرام مثلا) وقياس حجم ما يتولد من الايدروجين وحساب وزن هذا الايدروجين (ص جرام مثلا) فيكون مكافىء الفلز هو $\frac{س}{ص}$ ولهذا الغرض يستخدم الجهاز الذى استعمل فى تعيين حجم الايدروجين الذى يحل محله فى الأحماض وزن معلوم من فلز (انظر شكل ٤٢) إلا أنه يمكن اتباع الطريقة الآتية أيضا

خذ أنبوبة طويلة مقفلة من أحد طرفيها ومدرجة بالسنتيمترات المكعبة وتفضل الأنبوبة إذا كانت تسع ١٠٠سم^{٣}

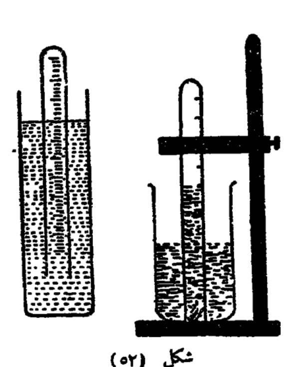
واستحضر كأساً وصب فيه نصف لتر من الماء ثم أضف إليه قدر (٣٠) سم^{٣} من حامض الكبريتيك المركز وحرك المزيج جيداً

واملأ الأنبوبة من هذا السائل بعد أن يبرد محاذراً أن يعلق بجدارها شىء من فقاعات الهواء

سد الطرف المفتوح بالأصبع ونكس الأنبوبة فى الكأس وثبتها فى حامل (شكل ٥٢)

خذ أنبوبة صغيرة (طولها ٤ سم) بحيث يمكن إدخالها بسهولة فى أنبوبة الزجاج المدرجة . ضع فيها ما يزن تقريباً (١ر٠) من الجرام من الماغنيسيوم اللامع واملأها بالماء وسدها بأصبعك ثم اغمرها فى الكأس وأدخلها فى الأنبوبة التى لا تزال منكسة

فبعد برهة صغيرة يصل الحامض إلى الفلز فيذيبه ويتولد الايدروجين الذى يتجمع فى أعلى الأنبوبة



شكل (٥٢)

وعند ما يذوب كل الفلز ويقف تولد الغاز اجعل سطح السائل فى الأنبوبة محاذياً سطحه فى الكأس ، صب فى الكأس ماءاً إذا احتاج الأمر) وتبين حجم الايدروجين المتجمع فى الأنبوبة واعلم درجة الحرارة والضغط وقت إجراء التجربة

احسب ما يؤول إليه الحجم عند درجة الصفر وضغط (٧٦) سم من الزئبق

احسب وزن هذا الايدروجين فرضاً بأن اللتر منه يزن (٠٩ر٠) من الجرام عند ما يكون فى درجة الصفر وضغط (٧٦) سم

أوجد قيمة الكسر $\frac{\text{وزن الماغنيسيوم}}{\text{وزن الايدروجين}}$ فهو يدل على مكافىء الماغنيسيوم

الطريقة الرابعة : إحلال الفلزات بعضها محل بعض

إذا لم يسهل استخدام إحدى الطرق السابقة فخير طريقة لتعيين مكافىء الفلز أن يعرف مقدار ما يحل منه محل الوزن المكافىء لفلز آخر

وقد وجد أنه إذا وضع شريط من الماغنيسيوم (أو قطعة من الخارصين)

فى محلول كبريتات النحاس (أو نيترات الفضة) فان النحاس (أو الفضة) يرسب بشكله الفلزى ويحل الماغنيسيوم (أو الحديد أو الخارصين) فى المحلول محله ويكون مقدار الفلز الراسب ومقدار الفلز الذى يحل محله متكافئين

ماغنيسيوم + كبريتات نحاس = نحاس + كبريتات ماغنيسيوم

حديد + نيترات فضة = فضة + نيترات حديد

تمرين ٤ :

إيجاد الوزن المكافىء للخارصين :

زن بعضاً من الخارصين وضعه فى كأس به محلول كبريتات نحاس وحرك المحلول حتى يختفى الخارصين ويزول تماماً . فاذا زال اللون الأزرق لكبريتات النحاس أثناء ذلك أو لم يختف كل الخارصين عن آخره ، أضف كمية أخرى من المحلول

رشح السائل على ورقة ترشيح معلوم وزنها مراعياً أن تنقل جميع النحاس الراسب إلى ورقة الترشيح ثم اغسل النحاس عدة مرات بالماء المقطر ليزول ما يعلق به من كبريتات النحاس ثم انقل القمع إلى فرن هوائى ليجف ثم زن ورقة الترشيح بما عليها واحسب بعد ذلك مقدار الخارصين الذى يحل محل الوزن المكافىء للنحاس فيكون هو الوزن المكافىء للخارصين

كذلك يمكن إيجاد الوزن المكافىء للفضة باستعمال محلول نيترات الفضة بدل نيترات النحاس وإيجاد وزن الفضة الذى يحل محله الوزن المكافىء للخارصين ويمكن إجراء تجارب أخرى من هذا القبيل باستعمال فلزات مختلفة

الطريقة الخامسة : بالتحليل الكهربائى

وجد عند تحليل الماء أن كل حجم من الأوكسيجين المتولد عند السارية الموجبة يتصاعد معه حجمان من الايدروجين عند السارية السالبة . وبما أن كثافة الأوكسيجين قدر كثافة الايدروجين (١٦) مرة فان الايدروجين والأوكسيجين اللذين يتولدان عند تحليل الماء يوجدان بمقدارين متكافئين (أى النسبة بين وزنيهما كالنسبة بين مكافئيهما)

وقد أثبت فرادى (Faraday) بعد عدة تجارب دقيقة أنه إذا وصلت عدة فولتامترات على التوالى (شكل ٥٣) وملئت بمحاليل مختلفة ومر بها تيار كهربائى كانت مقادير ما يتجمع على سارياتها من الموا د المختلفة متكافئة



شكل (٥٣)

ويمكن استخدام هذه النتيجة فى تعيين الأوزان المكافئة فاذا فرض مرور تيار كهربائى فى عدة فولتا مترات (خمسة مثلا) تحتوى على حامض كبريتيك مخفف ومحلول نيترات الفضة ومحلول كلوريد القصدير مثلا أمكن معرفة وزن ما يتجمع على الساريات السالبة للفولتامترات بعد نصف ساعة مثلا وتكون هذه المقادير مقاربة لما يأتى :

المادة المتحللة	حامض كبريتيك	نيترات فضة	كلورىد ذهب	كبريتات نحاس	كلوريد قصدير
المادة المتجمعة	(—) أيدروجين (+) أوكسيجين	فضة	ذهب	نحاس	قصدير
المقدار	٠٫٠٢٦٦ ، ٠٫٢١٢٨	٢٫٨٧٢٨	١٫٧٤٧٦	٠٫٨٤٥٨	٠٫٧٨٩٢
المتجمع منها	أو (١) جم ، ٨ جم	١٠٨	٦٥٫٧	٣١٫٨	٢٩٫٣

فالأعـــداد ٨ ، ١٠٨ ، ٦٥٫٧ ، ٣١٫٨ ، ٢٩٫٣ تدل على مكافئات الاوكسيجين والفضة والذهب والنحـ س والقصدير بالترتيب

قوانين الاتحاد الكيميائي معبراً عنها بالتكافؤ

أولا : قانون النسب المتضاعفة

يتحد الكربون والأكسيجين ويتكون من اتحادهما أوكسيدان هما :

(١) أول أوكسيد الكربون وفيه نسبة الكربون إلى الأوكسيجين = ١٢ : ١٦

(٢) ثانى أوكسيد الكربون وفيه نسبة الكربون إلى الأوكسيجين = ١٢ : ٣٢

فالوزن المكافىء للكربون فى الأول (٦) وفى الثانى (٣) ومن ذلك نرى أن للكربون وزنين مكافئين ، النسبة بينهما هى ٦ : ٣ أو ٢ : ١ وهى نسبة بسيطة

كذلك يتحد النيتروجين والأوكسيجين وينتج منهما خمسة أكاسيد هى :

(١) أول أوكسيد النيتروجين (أوكسيد النيتروز) وفيه نسبة النيتروجين إلى الأوكسيجين = ١٤ : ١٦

(٢) ثانى أوكسيد النيتروجين (أوكسيد النيتريك) وفيه نسبة النيتروجين إلى الأوكسيجين = ١٤ : ٣٢

(٣) ثالث أوكسيد النيتروجين وفيه نسبة النيتروجين إلى الأوكسيجين = ١٤ : ٤٨

(٤) رابع أوكسيد النيتروجين (فوق أوكسيد النيتروجين) وفيه نسبة النيتروجين إلى الأوكسيجين = ١٤ : ٦٤

(٥) خامس أوكسيد النيتروجين وفيه نسبة النيتروجين إلى الأوكسيجين = ١٤ : ٨٠ فالوزن المكافىء للنيتروجين فى الأول (١٤) وفى الثانى $\frac{١٤}{٢}$ وفى الثالث $\frac{١٤}{٣}$ وفى الرابع $\frac{١٤}{٤}$ وفى الخامس $\frac{١٤}{٥}$ ومن هذا يرى أن للنيتروجين خمسة مكافئات والنسبة بينها هى ١ : $\frac{١}{٢}$: $\frac{١}{٣}$: $\frac{١}{٤}$: $\frac{١}{٥}$ وهى نسبة بسيطة أيضاً

ومن الأمثلة الكثيرة المشابهة لما ذكر يمكن أن نستنتج العبارة الآتية لقانون النسب المتضاعفة

قانون النسب المتضاعفة

إذا كان لعنصر ما أكثر من وزن مكافىء واحد فان أوزانه المكافئة تكون متناسبة تناسباً بسيطاً

ثانياً : قانون النسب المتبادلة :

يتحد كل من الكربون والأوكسيجين على انفراد بالايدروجين ففي الماء يتحد الايدروجين والأوكسيجين بنسبة ١ : ٨ وفي الميثان يتحد الايدروجين والكربون بنسبة ٤ : ١٢ فالوزن المكافىء للأوكسيجين ٨ وللكربون ٣

ولكن عندما يتحد الأوكسيجين والكربون لتكوين ثاني أوكسيد الكربون تكون النسبة بين الأوكسيجين والكربون مساوية ٨ : ٣ وهي نفس النسبة بين مكافئيهما

كذلك يتحد كل من الكربون والكبريت على انفراد بالأوكسيجين ففي ثاني أوكسيد الكربون تكون النسبة بين الكربون والأوكسيجين ١٢ : ٣٢ وفي ثاني أوكسيد الكبريت تكون نسبة الأوكسيجين إلى الكبريت ٣٢ : ٣٢ فالوزن المكافىء للكربون ٣ وللكبريت ٨

ولكن عند ما يتحد الكربون والكبريت لتكوين ثاني كبريتيد الكربون يحدث الاتحاد بنسبة ٣ : ١٦ وهي نسبة مضاعفة للنسبة بين مكافئي هذين العنصرين

فمن هذين المثالين وغيرهما يمكن أن توضع العبارة الآتية لقانون النسب المتبادلة :

« عندما تتحد العناصر يكون اتحادها بنسبة أوزانها المكافئة أو بمضاعفات هذه النسبة »

اسـئلة

١ — عرف الوزن المكافىء واذكر طريقة لايجاد الوزن المكافىء للعناصر الآتية : —

النحاس . الحديد . الخارصين . الأوكسيجين . الكربون

٢ — ما هى الطرق المختلفة التى بها يمكن إيجاد الوزن المكافىء للنحاس ؟

٣ — إذا كان لعنصر ما أكثر من وزن مكافىء واحد فما العلاقة بين أوزانه المكافئة ؟ اذكر أمثلة لذلك

٤ — كيف يمكنك إيجاد وزن الايدروجين الناتج من إذابة جرام من (١) الخارصين (٢) الحديد (٣) الماغنيسيوم — فى حامض الايدروكلوريك المخفف ؟ أتكون أوزان الايدروجين واحدة فى الجميع أم لا ولماذا ؟ وكيف تستعين بالنتائج التى تحصل عليها على إيجاد الأوزان المكافئة لهذه الفلزات ؟

٥ — اذكر قوانين الاتحاد الكيميائى من جهة الوزن معبراً عنها بالتكافؤ

٦ — إذا أعطيت قطعة من الفضة فكيف تستعملها فى إيجاد الوزن المكافىء لهذا الفلز ؟

٧ — هل الأوزان المتساوية من الفلزات المختلفة تطرد أحجاماً متساوية من الايدروجين من نفس الحامض ؟ هل الأوزان المتساوية من فلز واحد تطرد أحجاماً متساوية من الايدروجين من حوامض مختلفة ؟ اذكر السبب فى كل حالة

٨ — أذيب ٣٧٥ر٠ جم من الخارصين فى حامض الايدروكلوريك فكان حجم الايدروجين الناتج ١٣٥ر٣ سم^{٣} فى درجة ١٥ م وتحت ضغط ٧٨٠ جم فما الوزن المكافىء للخارصين ؟

٩ — جمع الايدروجين الناتج من إذابة ٢ر٠ جم من الحديد فى حامض الايدروكلوريك فوق الماء فكان حجمه ٤ر٨٢ سم^{٣} فى درجة ٢٠°م وتحت ضغط ٧٥٠ مم أوجد من ذلك الوزن المكافىء للحديد مع العلم بأن ضغط بخار الماء فى درجة ٢٠°م = ٥ر١٧ مم من الزئبق

١٠ — إذا كان أوكسيد فلز يحتوى على ٤٠ ٪ من وزنه أوكسيجيناً فما الوزن المكافىء للفلز ؟

١١ — إذا كان ٥ر٢ جم من الخارصين تحل محل ٣ر٨ جم من الفضة فى محلول نيترات الفضة احسب من ذلك الوزن المكافىء للفضة مع العلم بان الوزن المكافىء للخارصين هو ٥ر٣٢

الباب الثامن

طرق تعيين الأوزان الجزيئيـــة

الذرة والوزن الذرى

ذكرنا سابقا أن الذرة هي أصغر جزء من عنصر يمكن ان ينفصل أو يتصل فى أثناء التفاعل الكيميائى . فهى غير قابلة للانقسام من هذه الناحية . وقد ظهر أخيراً أنه يمكن تجزىء الذرة إلى دقائق أصغر منها بمؤثرات كهربية إلا أنه إلى الآن لم يكتشف تفاعل كيماوى واحد انقسمت فيه الذرة والذرة متناهيـة فى الصغر لدرجة يمكن أن يتصورها الطالب إذا أدرك أن ١٠٠٠٠ ذرة قد تجد من المكان فوق سن إبرة ما يجده ١٠٠٠٠ شخص فى قارة أوربا .

ولهذا فان وزنها صغير جداً وقد وجـــد أن وزن ذرة الايدروجين

$$= \frac{١٫٦٥}{١٠^{٢٤}}$$ من الجرام

ومن الأمور المتعذرة إيجاد الأوزان الذرية المطلقة للعناصر أى تعيين أوزانها عملياً بوحدات الوزن المعروفة . لهذا فقد اتفق على أن تكون ذرة الايدروجين وحدة تقدر بها أوزان ذرات العناصر الاخرى .

تعريف : الوزن الذرى لعنصر هو النسبة بين وزن ذرة منه ووزن ذرة الايدروجين فاذا قيل مثلا أن الوزن الذرى للاكسجين ١٦ كان المعنى المقصود من هذا أن وزن ذرة الاكسجين قدر وزن ذرة الايدروجين ١٦ مرة

فالأوزان الذرية إذن هى مقادير نسبية فقط ولا تدل على الأوزان الحقيقية للعناصر .

الجزىء والوزن الجزيئي

الجزىء هو أصغر جزء من مادة يمكن أن يوجد على حالة الانفراد وتتضح فيه صفات المادة وخواصها وهو مكون من ذرات كاملة تكون من نوع واحد فى العناصر ومن أنواع مختلفة فى المركبات .

ويختلف عدد الذرات التى يتكون منها الجزىء باختلاف المادة ، ففى العناصر قد يكون هذا العدد واحداً كما فى غاز الأرجون ، وقد يكون اثنين كما فى الأوكسيجين والايدروجين ، وقد يكون ثلاثة كما فى غاز الأوزون . وفى المركبات يكون أقل عدد لذرات الجزىء اثنين . فجزىء كلوريد الايدروجين مثلا به ذرتان ذرة من الكلور وأخرى من الايدروجين ، وجزىء كربونات الصوديوم به ست ذرات ، وجزىء البنزين به ١٢ ذرة ، وجزىء النشا ١٠٠٠٠ ذرة .

ومن الواضح أن وزن الجزىء هو مجموع أوزان الذرات المكونة له . ولما كان وزنه المطلق متناهياً فى الصغر ويتعذر تعيينه عملياً وتقديره بوحدات الوزن المعروفة فقد اصطلح على أن تقدر الأوزان الجزيئية للمواد باعتبار ذرة الايدروجين وحدة للوزن .

تعريف : الوزن الجزيئي للمادة هو النسبة بين وزن جزىء منها ووزن ذرة من الايدروجين بمعنى أن الوزن الجزيئي للمادة = $\frac{\text{وزن جزىء من المادة}}{\text{وزن ذرة من الايدروجين}}$

فاذا قيل مثلا أن الوزن الجزيئي لثانى أوكسيد الكربون هو ٤٤ فمعنى هذا أن وزن جزىء من هذا الغاز أثقل من وزن ذرة الايدروجين ٤٤ مرة .

فالأوزان الجزيئية إذن ليست أوزانا مطلقة ولكنها أوزان نسبية .

الوزن الجزيئي للايدروجين : (جزىء الايدروجين فيه ذرتان)

نعلم أن من الحوامض ما له نوع واحد من الأملاح . مثل حامض الايدروكلوريك وحامض النيتريك ، ومنها ما له نوعان من الأملاح ، مثل حامض الكربونيك وحامض الكبريتيك إذ يعرف لكل منهما أملاح أصلية

(مثل كربونات الصوديوم وكبريتات الصوديوم) . وأملاح إيدروجينية (مثل بيكربونات الصوديوم وبيكبريتات الصوديوم) ، ومنها ما له ثلاثة أنواع من الأملاح . وستثبت بالتجربة فى باب قادم أن يمكن أن يتكون من حامض الكبريتيك ملحان للصوديوم أحدهما حل فيه الصوديوم محل نصف إيدروجين الحامض والآخر حل فيه الصوديوم محل كل إيدروجين الحامض ويفسر تعدد أنواع الأملاح للحامض الواحد ، مثل حامض الكبريتيك ، بأن الجزىء الواحد منه يحوى مقداراً من الايدروجين يمكن أن ينفصل منه على دفعتين بمقدارين متساويين . وبدهى أن الايدروجين الذى ينفصل فى كل دفعة لا يمكن أن ينقسم وألا لتكون لحامض الكبريتيك أكثر من نوعين من الأملاح . ومعنى ذلك أن مقدار الايدروجين الذى ينفصل فى كل دفعة من الجزىء الواحد هو أصغر مقدار منه يشترك فى تفاعل كيمائى أى هو ذرة من الايدروجين .

وينتج من هذا أن جزىء حامض مثل حامض الكبريتيك أو الكربونيك يحوى ذرتين من غاز الايدروجين . أما فى حامض الايدروكلوريك (أو النيتريك) فقد وجد أنه لا يمكن بأى حال من الأحوال الحصول على نوعين من الأملاح له ، فليس له إلا كلوريدات أصلية فقط ، وذلك يدل على أن مقدار الايدروجين الموجود بجزىء منه لا ينقسم ولا يتجزأ بحال من الأحوال ، وفى هذا ما يدل على أن الجزىء من حامض الأيدروكلوريك يحوى ذرة واحدة من الايدروجين .

وبما أننا قد علمنا فيما تقدم أن جزىء كلوريد الايدروجين يتكون من نصف جزىء من الكلور ونصف جزىء من الايدروجين ، فلا شك أن نصف الجزىء من الايدروجين يعادل ذرة واحدة منه .

∴ جزىء الايدروجين يتكون من ذرتين من الايدروجين

وبما أن وزن الذرة من الايدروجين يعتبر وحدة

∴ الوزن الجزيئى للايدروجين = ٢

ملحوظة : هذه النتيجة تبطل صحتها إذا اكتشف فى المستقبل أن الحامض الأيدروكلوريك أملاحاً أيدروجينية أو أن الحامض الكبريتيك ثلاثة أنواع من الأملاح

كثافات الغازات والأبخرة :

معلوم أن كثافة مادة هى كتلة وحدة حجوم منها ومن السهل معرفة كثافات المواد الصلبة والسائلة بأن يوزن أى حجم من المادة ويقسم العدد الدال على الكتلة على العدد الدال على الحجم فيكون الناتج دالا على كثافة المادة أما فى الغازات فلكون حجومها تتغير تبعاً لدرجة الحرارة وللضغط المتأثرة به (حسب قانونى شارل وبويل) فقد اصطلح على أن تعين كثافاتها فى درجة حرارة واحدة (هى الصفر) وضغط واحد (هو ضغط ٧٦ سنتيمتراً من الزئبق) . وليس تعيين كثافة غاز أمراً هيناً بل إنه يحتاج لعناية كبرى ودقة فى العمل

تمرين ١ * إيجاد كثافة الهواء :

عين بالدقة سعة كرة جوفاء كالمبينة (بشكل ٥٤) ثم زن الكرة بعد أن تملأها بهواء جاف مع ملاحظتك لدرجة الحرارة والضغط وقت العمل ثم أفرغ الكرة من الهواء وزنها مرة أخرى واعلم ما ينقصه وزنها واحسب كما يأتى وزن الهواء الذى يملؤها فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم ثم أوجد كتلة وحدة الحجوم من الهواء

شكل (٥٤)

سعة الكرة	= ١٥٢٠ سم^{٣}
نقص وزن الكرة (أى وزن الهواء)	= ١٫٧٦٥ جم
درجة الحرارة	= ١٩ مئوية
الضغط	= ٧٣ سم

حجم الهواء فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم = ١٥٢٠ × $\frac{٢٧٣}{٢٩٢}$ × $\frac{٧٣}{٧٦}$

= ١٣٦٥ سم^{٣}

∴ وزن اللتر من الهواء فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم = $\frac{١ر٧٦٥}{١٣٦٥}$ × ١٠٠٠ = ١ر٢٩ جم

الكثافة النسبية :

لسهولة مقارنة كثافات الغازات بعضها ببعض اصطلح على اعتبار كثافة أحدها معياراً (أى وحدة) تقدر كثافات الغازات الأخرى بالنسبة إليه وكان المتفق عليه قديما أن تكون كثافة الهواء الجوى هى الوحدة التى تقدر بالنسبة إليها كثافات الغازات المختلفة وعلى هذا الاصطلاح تعرف الكثافة النسبية لأى غاز بأنها النسبة بين كتلتى حجمين متساويين منه ومن الهواء وهما فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦ سم من الزئبق

ولتعيين الكثافة النسبية لغاز ما تعين كتلة الغاز الذى يملأ الكرة الجوفاء فى التدريب السابق وهو فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦ سم وتعلم كتلة الهواء الذى يملأ الكرة نفسها فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦ سم أيضا ويقسم المقدار الأول على المقدار الثانى

وبهذه الطريقة علمت الكثافات النسبية لكثير من الغازات والأرقام الآتية تبين كثافات بعض الغازات الشهيرة باعتبار كثافة الهواء وحدة

الغاز	الكثافة	الغاز	الكثافة
الهواء	١	الأوكسيجين	١ر١١
الايدروجين	٠ر٠٦٩	النيتروجين	٠ر٩٨
ثانى اوكسيد الكربون	١ر٥٢	الكلور	٢ر٤٦
غاز حامض الايدروكلوريك	١ر٢٦	النشادر	٠ر٥٩

أما فى الأعمال الكيماوية فقد اعتبرت كثافة الايدروجين وحدة لتقدير

كثافات الغازات المختلفة وبهذا الاعتبار تعرف الكثافة النسبية لغاز ما بأنها النسبة بين وزنى حجمين متساويين منه ومن الايدروجين وهما فى حالة واحدة من الضغط ودرجة الحرارة

وقد وجد أن كثافة الهواء بالنسبة للايدروجين تساوى (٤٤ ر ١٤) تقريباً فاذا علمت الكثافة النسبية لغاز (باعتبار الهواء وحدة) أمكن إيجاد كثافته بالنسبة للايدروجين بأن نضرب كثافته بالنسبة للهواء فى العدد (٤٤ر١٤) فمثلا إذا كانت كثافة الأوكسيجين قدر كثافة الهواء ١١ر١ مرة فان كثافته بالنسبة للايدروجين تساوى ١١ر١ × ٤٤ر١٤ = (١٦) تقريبا

ويسهل من التعريف السابق معرفة الارتباط بين الوزن الجزيئى لغاز ما وكثافته النسبية ويتضح ذلك مما يأتى :

الكثافة النسبية لغاز ما =

$$\frac{\text{وزن حجم من الغاز}}{\text{وزن حجم مثله من الأيدروجين}} = \frac{\text{وزن (س) جزيئات من الغاز}}{\text{وزن(س)جزيئات من الايدروجين}}$$

(فرض افوجادرو)

$$= \frac{\text{وزن جزىء الغاز}}{\text{وزن جزىء الأيدروجين}} = \frac{\text{وزن جزىء الغاز}}{\text{ضعف وزن ذره الأيدروجين}}$$

$$\therefore \text{ضعف الكثافة النسبية للغاز} = \frac{\text{وزن جزىء الغاز}}{\text{وزن ذرة الأ.}}$$

= الوزن الجزيئى للغاز

تعيين الوزن الجزيئى للغازات

تستخدم النتيجة السابقة فى تعيين الوزن الجزيئى لغاز ما بأن تقدر أولاً كثافته بالنسبة للأيدروجين ثم يضرب العدد الدال على الكثافة فى ٢ فيكون الناتج هو الوزن الجزيئى للغاز

ويمكن تطبيق ذلك على كل مادة يمكن تحويلها إلى الحالة الغازية (أو البخارية) دون أن يتغير تركيبها. والجدول الآتى يبين كثافات غازات وأبخرة مختلفة وأوزانها الجزيئية :

الغاز أو البخار	الكثافة النسبية	الوزن الجزيئى
أيدروجين	١	٢
ميثان	٨	١٦
نشادر	٨ر٥	١٧
ماء	٩	١٨
أول أوكسيد كربون	١٤	٢٨
نيتروجين	١٤	٢٨
أوكسيجين	١٦	٣٢
كلوريد أيدروجين	١٨ر٢٥	٣٦ر٥
ثانى أوكسيد كربون	٢٢	٤٤
كحول	٢٣	٤٦
ثانى أوكسيد كبريت	٣٢	٦٤
كلور	٣٥ر٥	٧١

تعيين كثافة الأبخرة

يمكن تعيين كثافة مادة صلبة أو سائلة فى الدرجات المعتادة بطرق كثيرة نكتفى بذكر اثنتين منها

طريقة دوماس Dumas

تتوقف هذه الطريقة على إيجاد وزن البخار الذى يشغل حجماً معيناً فى درجة حرارة معلومة وتحت ضغط معلوم ، والمثال الآتى شرح لذلك

يمكن أن تعين كثافة بخار الماء مثلا باستعمال الكرة المستخدمة فى

فى تدريب ١ فيوضع فيها قدر من الماء ثم تغمس الكرة دون الصنبور فى حمام زيت مسخن لدرجة (١٣٠) م فيغلى الماء ويطرد بخاره الهواء من الكرة فيقفل الصنبور عند تحول كل الماء إلى بخار وامتلاء الكرة من هذا البخار فى درجة الحمام والضغط الجوى ثم تترك الكرة بعد ذلك لتبرد وتوزن بعد أن تجفف جدرانها جيداً وإذا كان وزن الكرة المفرغة معلوما فانه تمكن معرفة وزن البخار الذى فيها ويمكن حساب كثافته عند درجة الصفر وضغط ٧٦ سم فاذا فرض أن وزن البخار = ٠٫٨٢٧٢ جم

وحجم البخار فى درجة ١٢٧ وضغط ٧٥ سم = ١٥٢٠ سم^{٣}

.·. » » » » الصفر » ٧٦ »

$$= ١٥٢٠ \times \frac{٢٧٣}{٤٠٠} \times \frac{٧٥}{٧٦} = ١٠٢١٫٢٥ \text{ سم}^{٣}$$

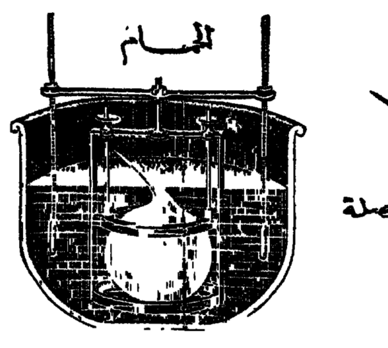
.·. وزن اللتر من البخار فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم = ٠٫٨١جم

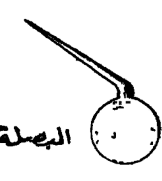
ولكن اللتر من الايدروجين فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم يزن ٠٫٠٩ جم

.·. الكثافة النسبية للبخار $= \frac{٠٫٨١}{٠٫٠٩} =$ ٩ أمثال كثافة الايدروجين

ملاحظة ١ : قد يعترض بأن بخار الماء لا يمكن أن يوجد بشكل غازى فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم إلا أنه يمكن أن تحسب ما تؤول إليه كثافته بفرض عدم تكاثفه وذلك لمجرد إمكان مقارنة كثافته بكثافات غيره من الغازات والأخرة فى درجة واحدة وضغط واحد

ملاحظة ٢ : فى التجارب العملية الدقيقة يستعمل بدل الكرة جهاز خاص وهو عبارة عن أنبوبة من الزجاج بشكل البصلة (شكل ٥٥) فتوزن وهى جافة ومملوءة بالهواء ويدخل فيها قليل من السائل الذى يراد تعيين كثافة بخاره وذلك بأن تسخن بلهب ضعيف وتترك لتبرد وفوهتها فى السائل فعند انكماش الهواء تمتص من السائل جزءاً يندفع فيها فترفع إذ ذاك وتسخن بحمام درجة حرارته أعلى من درجة غليان السائل بما لا يقل عن ٣٠ درجة فيتبخر السائل فيها وتمتلىء البصلة ببخاره فى درجة الحمام والضغط





(شكل ٥٥)

الجوى ، فعند ذلك تسد البصلة بلهب البورى ويعين وزنها بعد أن تبرد ثم تنكس فى حوض به ماء ويكسر طرفها تحت الماء فيندفع الماء فيها حتى يملأها فتوزن وهى ممتلئة بالماء مع جزء الطرف المكسور وتجرى عمليات الحساب الآتية :

أولا : يطرح وزن البصلة فقط من وزنها ممتلئة بالماء فينتج وزن الماء ومنه تعلم سعة البصلة ووزن ما يملؤها من الهواء (بفرض أن السنتيمتر المكعب من الهواء يزن ٠٠١٢٩٣ر٠ من الجرام فى درجة الصفر والضغط المعتاد

ثانياً : يطرح وزن هذا الهواء من وزنها وهى ممتلئة بالهواء فيعلم وزنها وهى فارغة فتتمكن إذ ذاك معرفة وزن ما يملؤها من بخار السائل فى درجة الحمام وتحت ضغط الجو

ثالثاً : يعدل حجم البخار ويحسب الحجم الذى يشغله لو كان فى درجة الصفر والضغط المعتاد ويوجد وزن اللتر الواحد منه ويقارن بوزن لتر الايدروجين فى هاتين الدرجتين

والأعداد الآتية نتيجة تجربة دقيقة عملت لهذا الغرض

وزن البصلة ممتلئة بالهواء	= ٣٩ر٦٨٠٨٧٦ جم
« « « بخار الايتير	= ٣٩ر٩٢٦٤٥٩ «

درجة حرارة الحمام = ١٠٠° مئوية

الضغط وقت إجراء التجربة = ٧٧ سم

درجة الحرارة وقت إجراء التجربة = ١٦ مئوية

وزن البصلة ممتلئة بالماء = ٣١٢ر٩٢ جم

∴ وزن الماء = ٣١٢ر٩٢ — ٣٩ر٦٨٠٨٧٦ = ٢٧٣ر٢٤ جم
(مقربا لرقمين عشريين وهنا أهمل وزن الهواء لأنه صغير جداً بالنسبة لوزن الماء فالخطأ النسبي يكاد يكون معدوما)

∴ حجم الماء (أى حجم الهواء الذى يملأ البصلة فى درجة ١٦° وضغط ٧٧ سم) = ٢٧٣ر٢٤ سم^{٣}

∴ حجم الهواء فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم

$= ٢٧٣ر٢٤ \times \frac{٢٧٣}{٢٨٩} \times \frac{٧٧}{٧٦} =$ ٢٦١ر٥ سم^{٣}

∴ وزن الهواء = ٢٦١ر٥ × ٠ر٠٠١٢٩٣ = ٠ر٣٣٨١١٩ جم

∴ وزن البصلة فارغة = ٣٩ر٦٨٠٨٧٦ — ٠ر٣٣٨١١٩ = ٣٩ر٣٤٢٧٥٧ جم

∴ وزن البخار = ٣٩ر٩٢٦٤٥٩ — ٣٩ر٣٤٢٧٥٧ = ٠ر٥٨٣٧٠٢ جم

ولكن حجم البخار فى (١٠٠° م) وضغط ٧٧ سم = ٢٧٣ر٢٤ سم^{٣}

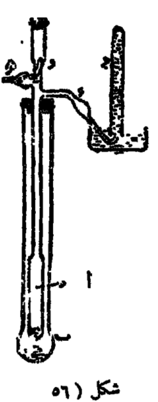
∴ حجم البخار فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم = ٢٧٣ر٢٤ $\times \frac{٢٧٣}{٣٧٣} \times \frac{٧٧}{٧٦}$ سم^{٣}

∴ وزن هذا الحجم من الايدروجين = ٢٧٣ر٢٤ $\times \frac{٢٧٣}{٣٧٣} \times \frac{٧٧}{٧٦}$ × ٠ر٠٠٠٠٩ = ٠ر٠١٨٢٤ جم

∴ الكثافة النسبية لبخار الايتير = $\frac{٠ر٥٨٣٧٠٢}{٠ر٠١٨٢٤}$ = ٣٢

طريقة فكتور ماير (VICTOR MEYER)

فى هذه الطريقة لا يعرف حجم البخار مباشرة بل يعين الحجم بمقدا ر


شكل (٥٦)

حجم الهواء الذى يحل البخار محله والجهاز الذى يستعمل لهذا الغرض مبين رسمه فى (شكل ٥٦) ويتركب من أنبوبة (ب) ذات انتفاخ عند أسفلها ولها سداد غير محكم تنفذ منه أنبوبة أخرى (ا) تنتهى من أعلى بما يشبه القمع ولها فتحتان جانبيتان إحداهما (ء) على شكل أنبوبة توصيل يمكن غمر طرفها فى حوض ماء والثانية (هـ) لها سداد محكم ينفذ منه ساق من الزجاج قصير

وطريقة استعمال الجهاز أن يصب فى (ا) قليل من الرمل أو الزئبق ويملأ انتفاخ (ب) إلى ثلثيه بسائل درجة غليانه تزيد نقدر (٣٠) درجة على درجة غليان المادة المراد معرفه كثافتها النسبية ثم تسخن (ب) حتى يغلى فيها السائل فيسخن هواء (ا) ويتمدد ويخرج بشكل فقاقيع من طرف الأنبوبة (ء) ومتى انقطع خروجه يملأ مخبار مدرج (حـ) بالماء وينكس فى الحوض فوق نهاية (ء) وتدخل فى القمع أنبوبة صغيرة (و) بها مقدار معلوم الوزن من المادة المطلوب معرفة كثافتها فترتكز على ساق الزجاج الذى يسد الفتحة (هـ) ثم يسد القمع باحكام ويحرك ساق الزجاج إلى الخارج قليلا فتسقط (و) إلى قاع (ا) ويتبخر ما فيها من المادة ويطرد بخارها حجما من هواء (ا) يجمع فى المخبار (حـ) وبعد أن تتم العملية ويبرد الجهاز ينكس المخبار فى حوض آخر عميق إلى أن يصير سطح الماء محاذياً لسطحه فى الحوض ويقاس حجم الهواء إذ ذاك فيكون مساوياً لحجم البخار فى درجة حرارة الجو وقت العملية وتحت الضغط الجوى إلا أنه تجب ملاحظة أن لبخار الماء ضغطاً معلوماً يجب طرحه من الضغط الجوى حتى يعلم ضغط بخار السائل بالضبط

أما طريقة الحساب فى هذه العملية فيكفى لفهمها إيراد المثال الآتى:

وزن المادة (كلور وفورم) = ٠٫٢٢ جم

حجم الهواء الذى حل بخار المادة محله = ٤٥ سم^3

درجة الحرارة وقت العمل = ٢٠° مئوية

الضغط الجوى = ٧٥ر٥ سم

ضغط بخار الماء فى درجة ٢٠ م = ١٧ر٠٤ ملليمتراً

من هذه الأرقام يعلم أن

ضغط بخار الكلوروفورم وحده = ٧٥٥ — ١٧ر٠٤ = ٧٣٧ر٩٦ ملليمتراً

حجم البخار فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم = ٤٥ × ٢٧٣/٢٩٣ × ٧٣٧ر٩٦/٧٦٠ سم³

وزن هذا الحجم من الايدروجين = ٤٥ × ٢٧٣/٢٩٣ × ٧٧٣ر٩٦/٧٦٠ × ٠ر٠٠٠٠٩ = ٠ر٠٠٣٦٦٤

∴ الكثافة البخارية للكلوروفورم = ٠ر٢٢/٠ر٠٠٣٦٦٤ جم = ٦٠ر٠٣

العلاقة بين الوزن الجزيئى للغاز وحجمه

لما كانت الكثافة النسبية لأى غاز هى النسبة بين وزنى حجمين متساويين منه ومن الايدروجين فى درجة حرارة واحدة وضغط واحد فانه إذا اعتبرنا كلا من هذين الحجمين المتساويين ٢٢ر٤ من اللتر فى درجة الصفر والضغط المعتاد كانت الكثافة النسبية لأى غاز = (وزن ٢٢ر٤ من اللتر من الغاز) / (وزن ٢٢ر٤ من اللتر من الايدروجين)

ولكن ٢٢ر٤ من اللتر من الايدروجين تزن جرامين فى درجة الصفر والضغط المعتاد .

∴ الكثافة النسبية لغاز ما = (وزن ٢٢ر٤ لتراً منه بالجرام فى درجة الصفر والضغط المعتاد) / ٢

∴ (الكثافة النسبية × ٢) = وزن ٢٢ر٤ لتراً من الغاز بالجرامات فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم

وبما أن الوزن الجزيئى لغاز ما هو ضعف كثافته النسبية .

∴ (الوزن الجزيئى لغاز ما) = وزن ٢٢ر٤ لتراً منه بالجرامات فى

درجة الصفر وضغط ٧٦ سم ومعنى ذلك أن عدد الجرامات الدال على وزن ٢٢ر٤ لتراً من أى غاز فى درجة الصفر والضغط المعتاد هو نفس العدد الدال على الوزن الجزيئى لهذا الغاز .

ولهذه النتيجة أهمية كبيرة إذ يمكننا أن نوجد وزن الغاز (بالجرامات) الذى يشغل حجما قدره (٢٢ر٤) لتراً فى درجة الصفر والضغط المعتاد فيكون العدد الدال على هذا الوزن مبيناً للوزن الجزيئى لهذا الغاز وعلى ذلك يمكننا فى طريقتى دوماس وفيكتور ماير أن نعين الوزن الجزيئى مباشرة دون حاجة إلى إيجاد وزن الايدروجين .

أمثلة تطبيقية

١ — إذا كان وزن لتر من غاز ما فى درجة ٢٠° وتحت ضغط ٧٣ سم من الزئبق هو (١ر٦٤) جم فما وزنه الجزيئى ؟

حجم الغاز فى درجة ٢٠° وضغط ٧٣ سم = ١ لتراً

∴ « « « صفر وضغط ٧٦ سم = ١ × $\frac{٢٧٣}{٢٩٣}$ × $\frac{٧٣}{٧٦}$

= ٠ر٨٩٤٥ من اللتر

٠ر٨٩٤٥ من اللتر تزن ١ ٧٦٤ جم

∴ ٢٢ر٤ « « « = $\frac{١ر٧٦٤ \times ٢٢ر٤}{٠ر٨٩٤٥}$ = ٤٤ر١٧ جم

∴ الوزن الجزيئى للغاز هو ٤٤ تقريبا

٢ — جمع البخار الناتج من تسخين $\frac{١}{٤}$ جرام من سائل ما فوق الزئبق فكان حجمه ٦٢ سم^{٣} فى درجة ٩٨°م وكان ارتفاع الزئبق عن سطح الحوض (١٤) سم أوجد الوزن الجزيئى للسائل وكثافة بخاره النسبية علماً بأن الضغط الجوى وقت العمل كان مساوياً ٧٤ سم

حجم البخار = ٦٢ سم^{٣} فى درجة ٩٨°م وتحت ضغط ٧٤ — ١٤ = ٦٠ سم

∴ حجم البخار فى درجة الصفر والضغط ٧٦ سم = ٦٢ × $\frac{٢٧٣}{٣٧١}$ × $\frac{٦٠}{٧٦}$

= ٣٦ر٠٢ سم^{٣}

∴ ٣٦ر٠٢ سم^{٣} تزن ٠ر٢٥ جم

∴ ٢٢ر٤ لتراً تزن $\frac{\text{٢٢ر٤} \times \text{١٠٠٠} \times \text{٠ر٢٥٠}}{\text{٣٦ر٠٢}}$ = ١٥٥ جم تقريبا

∴ الوزن الجزيئ للسائل هو ١٥٥ تقريباً

∴ الكثافة النسبية للبخار = $\frac{\text{١٥٥}}{\text{٢}}$ = ٧٧ر٥

تعيين الأوزان الجزيئية للمواد الصلبة والسوائل

الطريقة السابقة قاصرة على تعيين الأوزان الجزيئية للمواد إذا كانت غازات أو أبخرة ولا يمكن استخدامها فى حالة السوائل أو المواد الصلبة . وسنذكر فى باب قادم طريقتين لايجاد الأوزان الجزيئية للمواد الصلبة والسوائل تتوقف إحداهما على ارتفاع درجة غليان سائل إذا أذيبت فيه مادة صلبة او سائلة ، وتتوقف الثانية على الانخفاض فى درجة تجمد سائل إذا أذيبت فيه مادة صلبة أو سائلة

أسئلة

١ — عرف ما يأتى ، الجزىء . الكثافة النسبية للغاز ، الوزن الجزيئ

٢ — ما العلاقة بين الوزن الجزيئ والكثافة النسبية لغاز ما وكيف تستنبطها ؟

٣ — اشرح طريقة لايجاد الكثافة النسبية لغاز (١) الأوكسيجين (٢) ثانى أوكسيد الكربون

٤ — كيف تعالج إيجاد الكثافة النسبية لبخار الماء

٥ — اشرح التجارب التى تجريها لايجاد الوزن الجزيئ (١) للكحول (٢) للكلوروفورم (٣) لغاز النتروجين

٦ — كيف يساعد فرض أفوجادرو على إثبات :

أولا — أن جزىء النيتروجين يحتوى على عدد زوجى من الذرات

ثانياً — أن الوزن الجزيئ للغاز ضعف كثافته النسبية

ثالثاً — أن وزن ٢٢٫٤ لتراً من غاز ما بالجرامات فى درجة الصفر والضغط المعتاد هو العدد الدال على الوزن الجزيئى للغاز

٧ — فى إيجاد الكثافة النسبية لبخار الماء بطريقة فيكتور ماير وجد أن : —

وزن الماء فى الأنبوبة الصغيرة = ٠٫٠١٠٢ جم

حجم الغاز المتجمع = ١٦٫٦ سم٣

درجة حرارة الغرفة ١٦٫٥°م ، الضغط الجوى ٧٠٣٫٨ مم من الزئبق احسب من ذلك الكثافة النسبية والوزن الجزيئى للماء

٨ — أنبوبة بصلية مملوءة بالهواء فى درجة ٢٠°م تزن ١٣٫٣١٢٥ جم . ملئت ببخار رابع كلوريد الكربون ولحمت فى درجة ١٠٠°م ثم وزنت فكان وزنها ١٣٫٧٩٦٩ جم ولما ملئت بالماء وجد أنها تزن ١٤١٫٣ جم فما الكثافة النسبية لرابع كلوريد الكربون مع العلم بأن الضغط الجوى أثناء التجربة كان ٧٥٥ مم من الزئبق

٩ — كثافة مادة ما بالنسبة للهواء هى ٣٫٢ فما كثافتها بالنسبة للايدروجين ؟

١٠ — فى إيجاد الكثافة النسبية لمادة ما بطريقة دوماس وجد أن :

وزن البصلة مملوءة بالهواء (٩°م ، ٧٦٠ مم) = ٢٤٫٤٧٢٢ جم

وزن البصلة بعد ملئها ببخار المادة (٩°م ، ٧٦٠ مم) = ٢٥٫٠١٠٢ جم

درجة حرارة الحمام عند لحم البصلة ٢١٥°م ، الضغط الجوى ٧٦٢ مم

وزن الأنبوبة البصلية مملوءة بالماء = ١٩٤ جم

فما الوزن الجزيئى لهذه المادة ؟

١١ — إذا كانت كثافة ثانى أوكسيد الكبريت ٢٫٢١٧ بالنسبة للهواء وكثافة الهواء بالنسبة للايدروجين ١٤٫٤٣ فما الوزن الجزيئى لثانى أوكسيد الكبريت

١٢ — إذا كان وزن لتر من غاز ما فى درجة صفر وتحت ضغط ٧٦٠ مم يساوى ٥ر٢٣٦ جم فما وزنه الجزيئ ؟

١٣ — إذا كانت الكثافة النسبية لثانى أوكسيد الكربون ٢٢ فما وزن ٨ر١٥ لتراً منه فى درجة الصفر والضغط المعتاد ؟

١٤ — الوزن الجزيئ لمادة ما ٦٥ فما كثافتها بالنسبة للهواء والايدروجين ؟

١٥ — إذا كان وزن ٥٨٥ سم^٣ من غاز ما فى درجة ١٨°م وتحت ضغط ٧٥٦ مم هو ١ر٠٧٦ جم فما وزنه الجزيئ ؟

١٦ — إذا كان وزن ٦ر١٦ سم^٣ من بخار الماء فى درجة ٥ر١٦°م وتحت ضغط ٨ر٧٠٣ مم يساوى ٠ر٠١٠٢ جم فما الوزن الجزيئ للماء ؟

١٧ — جمع الأوكسيجين الناتج من تسخين كلورات البوتاسيوم فى أنبوبة مملوءة بالزئبق ومنكسة فى حوض به زئبق فكان حجمه ١١٥ سم^٣ وكان ارتفاع الزئبق فى الأنبوبة ١٨ سم عن سطح الزئبق فى الحوض . أوجد وزن هذا القدر من الأوكسيجين إذا علم أن درجة الحرارة وقت إجراء التجربة ١٦°م والضغط الجوى ٧٥٥ مم وأن الوزن الجزيئ للأوكسيجين ٣٢

١٨ — احسب الوزن الجزيئ للكلوروفورم من المعلومات الآتية التى نتجت باستعمال طريقة دوماس

سعة الأنبوبة البصلية = ١٢٧ سم^٣

درجة حرارة الحمام ١٣٦°م ووزن البخار = ٠ر٤٥٢٤ جم

الباب التاسع

طرق تعيين الأوزان الذرية

لاتوجد طريقة عامة لتعيين الأوزان الذرية لجميع العناصر إلا أن أشهر الطرق تنحصر فيما يأتى : —

١ — الطريقة الحجمية للأجسام الطيارة

٢ — الطريقة التحليلية الكيماوية

٣ — طريقة تتوقف على معرفة الحرارة النوعية للعناصر وسنشرح هذه الطرق باختصار فيما يأتى : —

الطريقة الحجمية للأجسام الطيارة

تستعمل هذه الطريقة فى إيجاد الأوزان الذرية للعناصر التى لها مركبات طيارة يمكن تحويلها بسهولة إلى بخار دون أن يطرأ عليها تغيير كيماوى والمثالان الآتيان يوضحان ذلك :

(أولا) إيجاد الوزن الذرى للاوكسيجين :

من المعلوم أن الكثافة النسبية لبخار الماء (٩) ومعنى هذا أن جزىء بخار الماء أثقل من جزىء الايدروجين (٩) مرات أوأن جزىء بخار الماء أثقل من ذرة الايدروجين (١٨) مرة وقد ثبت من التحليل الكيميائى أن كل (١٨) جزءاً بالوزن من الماء تحتوى على (١٦) جزءاً بالوزن من الأوكسيجين فاذا اتخذت ذرة الايدروجين وحدة كان وزن الاوكسيجين فى جزىء الماء قدر ذرة الايدروجين (١٦) مرة

كذلك إذا أخذت عدة مركبات أوكسيجينية وعرفت كثافاتها النسبية وأوزانها الجزيئية (ضعف الكثافة النسبية) ثم حللت وعرف مقدار

الاوكسيجين فى جزىء كل منها باعتبار ذرة الايدروجين وحدة أمكن الحصول على جدول كالآتى :

المـادة	الكثافة النسبية	الوزن الجزيئى باعتبار ذرة الايدروجين وحدة	وزن الأوكسيجين فى جزىء المادة باعتبار ذرة الايدروجين وحدة
أوكسيجين	١٦	٣٢	٣٢
بخار الماء	٩	١٨	١٦
أول أوكسيد الكربون ..	١٤	٢٨	١٦
ثانى أوكسيد الكربون ..	٢٢	٤٤	٣٢
ثانى أوكسيد الكبريت .	٣٢	٦٤	٣٢
ثالث أوكسيد الكبريت .	٤٠	٨٠	٤٨
الكحول	٢٣	٤٦	١٦
أوكسيد النيتريك	١٥	٣٠	١٦

ويرى فى هذا الجدول أن الأعداد التى فى العمود الأخير إما العدد (١٦) وإما أحد مضاعفاته أى أن أقل مقدار للاوكسيجين يوجد فى جزىء من مركباته قدر ذرة الايدروجين ١٦ مرة ولما كانت الذرة هى أقل ما يمكن أن يشترك من المادة فى تفاعل كياوى فلا بد أن يكون العدد ١٦ دالا على وزن ذرة من الاوكسيجين وحيث إن الوزن الجزيئى للاوكسيجين (٣٢) فمن الواضح أن الجزىء منه يحتوى على ذرتين

(ثانيا) إيجاد الوزن الذرى للكربون

نأتى بمركبات كربونية مختلفة ونحولها إلى أبخرة ونوجد كثافتها النسبية

وأوزانها الجزيئية ثم نحللها ونحسب وزن الكربون فى جزىء كل منها باعتبار ذرة الايدروجين وحدة ونضع النتائج فى جدول كالآتى : —

المـــادة	الكثافة النسبية	الوزن الجزيئى باعتبار ذرة الأيدروجين وحـــدة	وزن الكربون فى جزىء المادة باعتبار ذرة الأيدروجين وحـدة
أول أوكسيد الكربون	١٤	٤٨	١٢
ثاني « «	٢٢	٤٤	١٢
الميثان ...	٨	١٦	١٢
الايثيلين	١٤	٢٨	٢٤
الكحول الميثيلى	١٦	٣٢	١٢
« الايثيلى	٢٣	٤٦	٢٤
الايثـــير ..	٣٧	٧٤	٤٨

ومن العمود الأخير يستدل على أن الوزن الذرى للكربون هو (١٢)

الطريقة التحليلية الكيماوية

نذكر لايضاح هـذه الطريقة مثالا واحداً هو إيجاد الوزن الذرى للأوكسيجين

يتحد الايدروجين بالأوكسيجين عند تكوين الماء بنسبة ١ : ٨ بالوزن

ومعلوم أن الماء إذا عومل بفلز الصوديوم ينحل ويتصاعد منه إيدروجين وقد وجد أن كل ١٨ جم من الماء (الوزن الجزيئى للماء ١٨) ينفصل منهـا جرام واحـد من لأيدروجين بفعل الصوديوم وينتج (٤٠) جراماً من الصودا الكاوية (أيدروكسيد الصوديوم) الذى يحوى الصوديوم وكل الأوكسيجين الذى كان فى ١٨ جم من الماء مضافاً إليه جزء من الأيدروجين وقد وجد أن (٤٠) جراماً من هـذا المركب إذا عوملت بالخارصين

يتصاعد منها جرام واحد من الأيدروجين ويتكون (٧١٫٧) من الجرام من مركب لا يحوى إلا الصوديوم والخارصين والأوكسيجين (الذى كان فى ١٨ جم من الماء)

فمن هذا يتضح أن الأيدروجين الموجود فى الماء يمكن إخراجه منه على دفعتين بمقدارين متساويين وذلك يستلزم أن يكون وجوده بنسبة ذرتين فى كل جزىء من الماء

ولم تعلم للآن طريقة بها يمكن انتزاع الأوكسيجين من الماء على دفعتين فاذا عومل (١٨) جم من الماء بالكلور مثلا يتكون (٧٣) جم من مركب يحوى الكلور والأيدروجين فقط وينفصل كل الأوكسيجين على دفعة واحدة بشكله الغازى

من ذلك يستنتج أن الجزىء الواحد من الماء يحوى ذرتين من الأيدروجين وذرة من الأوكسيجين ولما كانت نسبة الغازين فى الماء هى ١ : ٨ فلا يمكن أن يكون الوزن الذرى للأوكسيجين أقل من ١٦ وحيث أنه لا يوجد مركب آخر يحوى الجزىء منه مقداراً من الأوكسيجين أقل من ١٦ فان هذا العدد يدل على الوزن الذرى للأوكسيجين

الوزن الذرى والحرارة النوعية

من المعلوم أن الحرارة النوعية لأية مادة هى مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد منها من درجة الصفر إلى درجة (١°) م

ومن المعلوم أيضاً أن السعة الحرارية لأى جسم هى مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلته من درجة الصفر إلى درجة (١°)م أى أن السعة الحرارية تعادل حاصل ضرب الكتلة فى الحرارة النوعية

وعلى هذا تكون السعة الحرارية للذرة أو الحرارة الذرية هى حاصل ضرب الوزن الذرى فى الحرارة النوعية للعنصر فاذا رمز للوزن الذرى بالحرف (و) وللحرارة النوعية بالحرف (ن) فان السعة الحرارية للذرة أو الحرارة الذرية = و × ن

قانون دبلونج وبتى

وجد ديلونج وبتى (Dulong & Petit) سنة ١٨١٩ أن السعة الحرارية لجميع ذرات العناصر الصلبة تكاد تكون واحدة ومقدارها ٤ر٦ تقريباً أى أن الحرارة الذرية = الوزن الذرى × الحرارة الوعية = ٤ر٦ تقريباً.

ومعنى ذلك أن مقدار الحرارة اللازمة لتسخين كتلة الذرة درجة مئوية واحدة متساو فى جميع ذرات العناصر الصلبة

والجدول الآتى يبين هذه الحقيقة :

العنصر	الحرارة النوعية (ن)	الوزن الذرى (و)	الحرارة الذرية ن × و
الليثيوم	٠ر٩٤	٧	٦ر٦
الصوديوم	٠ر٢٩	٢٣	٦ر٧
البوتاسيوم . . .	٠ر١٦٦	٣٩	٦ر٥
المنجنيز	٠ر١٢٢	٥٥	٦ر٧
الحديد . . .	٠ر١١٢	٥٦	٦ر٣
الذهب	٠ر٠٣٢	١٩٦	٦ر٢
الرصاص	٠ر٠٣١	٢٠٦	٦ر٣
الفضة	٠ر٠٥٧	١٠٨	٦ر١
النحاس	٠ر٠٩٢	٦٣ر٦	٥ر٨٨

ومما تقدم تتضح طريقة لأيجاد الوزن الذرى للعناصر الصلبة التى لا تعرف لها مركبات طيارة تسمح باستعمال الطريقة المذكورة سابقاً

مثال : ما هو الوزن الذرى للفضة إذا علم أن الحرارة النوعية لها ٠٥٥٩ر٠ سعرا ؟

العمل : الحرارة الذرية للفضة = الوزن الذرى × الحرارة النوعية

أى أن و × ن = ٤ر٦

$$\therefore \text{الوزن الذرى} = \frac{٦ر٤}{ن} = \frac{٦ر٤}{٠٥٥٩ر٠} = ١٠٨ \text{ تقريباً}$$

وليلاحظ أن الأوزان الذرية التى نحصل عليها بقسمة ٤ر٦ على الحرارة النوعية هي مقادير تقريبية فقط لأن العدد ٤ر٦ ليس ثابتاً كما يتضح من الجدول السابق وسنعود فيما يعد إلى استخدام هذه الطريقة فى الحصول على الوزن الذرى الحقيق

وهناك ثلاثة عناصر (هى السيليكون والبور والكربون) لاتنقاد لقانون ديلونج وبتى فقد وجد أن حرارتها الذرية فى درجة الحرارة العادية تساوى على الترتيب ٨ر٤ ، ٦ر٢ ، ٣٥ر١ غير أنه وجد أخيراً أن حرارتها الذرية تقرب من ٤ر٦ لو قدرت الحرارة النوعية لهذه العناصر فى درجة حرارة عالية

أسئلة

(١) فسر معنى العبارات الآتية : —

١ — الوزن الذرى لغاز الأوكسيجين = ١٦

٢ — الكثافة النسبية لثانى أوكسيد الكبريت = ٣٢

٣ — الوزن الجزيئى للنشادر = ١٧

٤ الوزن المكافىء للماغنيسيوم = ١٢

(٢) اشرح طريقة لايجاد الوزن الذرى للعناصر الآتية : —

١ — النيتروجين (٢) الكبريت (٣) الكربون

(٣) كيف تساعد معرفة الكثافة النسبية على إيجاد الأوزان الذرية للعناصر ؟

(٤) كيف تثبت أن جزىء كلوريد الايدروجين يحتوى على ذرة واحدة من الايدروجين ؟

(٥) إذا كانت أوزان عنصر ما التى تتحد بثمانية أوزان من الأوكسجين هى ٣ ، ٥ ، ٧ ، ١٤ فكيف تتوصل لمعرفة الوزن الذرى لهذا العنصر ؟

الباب العاشر

الرموز والقوانين الكيميائية ــ التكافؤ

الرموز

الغرض من الرموز والقوانين هو الدلالة على العناصر والأجسام المركبة بعلامات مختصرة بدل كتابة أسمائها وذلك للاسراع فى الاشارة إليها واختزالا فى كتابة التفاعلات الكيميائية .

وقد وضع برزليوس (Berzelius) العالم السويدى نوعا من الرموز تسهل معرفته واستعماله فقد اتخذ من أسماء العناصر حروفا يرمز بها لمسمياتها فرمز للأوكسيجين بالحرف (ا) وهو أول حرف من اسمه . ورمز للكربون بالحرف (ك) وللنيتروجين (الأزوت) بالحرف (ن) .

فاذا اتحد عنصران أو أكثر فى الحرف الأول من الاسم اعتبر الحرف الأول رمزاً لأقدمها فى الاستكشاف (فى الغالب) والحرفان الأولان لعنصر ثان ، وقد يؤخذ الثانى والثالث أو الثانى والرابع وهكذا ليمتنع اللبس .

مثال ١ : الفضة رمزها (ف) والفلور (فل) والفوسفور (فو)

مثال ٢ : الكالسيوم رمزه (كا) والكربون (ك) والكبريت (كب)

وقد اصطلح أن يكون الرمز دالا على ذرة من العنصر فاذ كتب الحرف (ك) مثلا كان المراد الدلالة على وزن ذرة من الكربون أى ١٢ جزءاً بالوزن منه ، والحرف (ا) يرمز به لذرة واحدة من الأوكسيجين أى (١٦) جزءاً بالوزن منه ، والرمز (٢ فو) يدل على ذرتين من الفوسفور وهكذا .

والجدول الآتى يبين رموز العناصر الشهيرة وأوزانها الذرية ومكافئاتها .

ملاحظة : الأرقام المبينة فى هذا الجدول للأوزان الذرية تقريبية فقط أما الأعداد الحقيقية المتفق عليها فلا تختلف عن هذه إلا اختلافا بسيطاً جداً .

ـول للعناصر ورموزها وأوزانها الذرية

العنصر	الرمز		الوزن الذرى	العنصر	الرمز		الوزن الذرى
ألومنيوم.	لو	Al	٢٧	صوديوم .	ص	Na	٢٣
أنتيمون .	نت	Sb	١٢١،٨	فضة ...	ف	Ag	١٠٧،٨٨
أوكسيجين	ا	O	١٦	فلور	فل	F	١٩
أيدروجين	يد	H	١	فوسفور ..	فو	P	٣١،٠٢
باريوم .	با	Ba	١٣٧،٣٧	قصدير ...	ق	Sn	١١٨،٧
بروم ...	بر	Br	٧٩،٩٢	كادميوم ..	كد	Cd	١١٢،٤
بزموت ..	بز	Bi	٢٠٩	كالسيوم ..	كا	Ca	٤٠،٠٧
بور	ب	B	١٠،٨٢	كبريت . .	كـ	S	٣٢،٠٦
بلاتين ...	بلا	Pt	١٩٥،٢	كربون .	ك	C	١٢
بوتاسيوم.	بو	K	٣٩،١	كروم ...	كر	Cr	٥٢،٠١
حديد ...	ح	Fe	٥٥،٨٤	كلور	كل	Cl	٣٥،٤٦
خارصين .	خ	Zn	٦٥،٣٨	كوبالت ..	كو	Co	٥٨،٩٤
ذهب ...	ذ	Au	١٩٧،٢	ماغنيسيوم .	ما	Mg	٢٤،٣٢
راديوم ..	يو	Ra	٢٢٥،٩٧	منجنيز .	م	Mn	٥٤،٩٣
رصاص .	ر	Pb	٢٠٧،٢	نحاس	نح	Cu	٦٣،٥٧
زرنيخ ..	ز	As	٧٤،٩٦	نيتروجين(أزوت)	ن	N	١٤،٠١
زئبق ...	ـے	Hg	٢٠٠،٦	نيكل	ى	Ni	٥٨،٦٨
سيليكون	س	Si	٢٨،٣	يود	ى	I	١٢٦،٩٣

القوانين

ليست الأجسام المركبة إلا نتيجة اجتماع ذرات العناصر البسيطة فمن السهل كتابة قوانين (أى تعابير مختصرة) تدل على تكوين الجسم المركب وذلك بأن تكتب رموز الذرات الداخلة فى تكوين جزىء واحد منه بعضها بجانب بعض مع كتابة الرقم الدال على عدد ذرات كل عنصر تحت رمزه إلى اليسار والذرة التى توجد وحدها من نوعها فى الجزىء لا يكتب تحتها شىء .

تعريف

قانون المادة هو مجموعة الرموز الدالة على عدد ونوع ذرات العناصر المكونة لجزىء من هذه المادة .

أمثلة

١ — قانون أوكسيد الخارصين هو (خ ا) ويدل على أن الجزىء يتركب من اتحاد ذرة من الخارصين بذرة الأوكسيجين .

٢ — قانون غاز حامض الأيدروكلوريك هو (يد كل) ويدل على أن الجزىء منه يتركب من اتحاد ذرة من الايدروجين بذرة من الكلور .

٣ — قانون بخار الماء هو (يد $_٢$ ا) ويدل على أن الجزىء منه يتركب من اتحاد ذرتين من الايدروجين بذرة من الأوكسيجين .

٤ — القانون (يد $_٢$ كب ا $_٤$) يدل على تركيب الجزىء الواحد من حامض الكبريتيك الذى يحتوى على ذرتين من الايدروجين وذرة واحدة من الكبريت وأربع ذرات من الأوكسيجين .

٥ — ك ا $_٢$ هو القانون الجزيئى لغاز ثانى أوكسيد الكربون .

٦ — يد $_٢$ » » » » » الايدروجين (لأنه يتركب من ذرتين)

وإذا أريد الدلالة على عدة جزيئات من مادة يوضع قبل قانونها الجزيئى

رقم يدل على عـدد الجزيئات فمثلا ٣ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ يدل على ثلاثة جزيئـات من حامض الـكبريتيك .

تعيين القانون الأولى لمـادة

معرفة قانون أى مادة مركبة تستلزم فى أول الأمر معرفة تركيبها بالوزن فاذا علم من التجارب أن أحد المركبات الكيماوية يشـتمل مثـلا على الايدروجين والـكبريت والأوكسـيجين وأن كل (١٠٠) جرام منه فيها (٢ر٠٤) جم من الايدروجين ، (٣٢ر٦٤) جم من الـكبريت و (٦٥ر٣٢) جم من الأوكسيجين أمكن التعبير عن هـذه النتيجة بقانون بالطريقة الآتية :

أولا : نوجد عدد ذرات كل عنصر يكون وزنها ممثلا بالأرقام السابقة

فعدد ذرات الايدروجين $= \frac{٢ر٠٤}{١} =$ ٢ر٠٤ (وزن ذرة الايدروجين = ١)

، عـدد ذرات الـكبريت $= \frac{٣٢ر٦٤}{٣٢} =$ ١ر٠٢ (وزن ذرة الـكبريت = ٣٢)

، عدد ذرات الأوكسيجين $= \frac{٦٥ر٣٢}{١٦} =$ ٤ر٠٨ (الوزن الذرى للأوكسيجين = ١٦)

ثانياً : لما كان من المحال أن نجد فى جزىء مادة جزءاً من ذرة أى عنصر وجب أن تحول الأرقام السابقة للذرات إلى أعداد صحيحة بقسمة كل منها على أصغرها هكذا .

عدد ذرات الايدروجين $= \frac{٢ر٠٤}{١ر٠٢} = ٢$

عدد ذرات الـكبريت $= \frac{١ر٠٢}{١ر٠٢} = ١$

« « الأوكسيجين $= \frac{٤ر٠٨}{١ر٠٢} = ٤$

فيكون قانون هذه المادة هو (يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$) وهو يدل على أن الجزىء منها يحتوى على ذرات من الايدروجين والـكبريت والأوكسيجين نســبة

أعدادها كنسبة ٢ : ١ : ٤ ولكن هذا القانون قاصر عن تعيين العدد الحقيق لذرات العناصر فى كل جزىء من المادة إذ من البدهى أن $\text{يد}_{٢}\,\text{كب}\,\text{ا}_{٤}$ ، $\text{يد}_{٤}\,\text{كب}_{٢}\,\text{ا}_{٨}$ ، $\text{يد}_{٦}\,\text{كب}_{٣}\,\text{ا}_{١٢}$ الخ كلها تؤدى غرضاً واحداً وهو أن المركب الذرى له هذا القانون يتركب بنسبة ٢ر٠٤ ٪ من الايدروجين ، ٣٢ر٦٤ ٪ من الكبريت ، ٦٥ر٣٢ ٪ من الأوكسيجين

تعريف :

يسمى قانوناً أولياً لمادة ذلك القانون الذى يدل فقط على نسبة أعداد ذرات العناصر المكونة لجزىء من هذه المادة بشرط أن تكون هذه النسبة بأصغر حدودها

مثال آخر : المطلوب معرفة القانون الأولى لمركب يتكون من الحديد والأوكسيجين بنسبة ٧٠ ٪ إلى ٣٠ ٪

العمل

عدد ذرات الحديد $= \frac{٧٠}{٥٦} =$ ١ر٢٥ (الوزن الذرى للحديد ٥٦)

« « الأوكسيجين $= \frac{٣٠}{١٦} =$ ١ر٨٧

وبالقسمة على ١ر٢٥ نتج أن :

عدد ذرات الحديد $= \frac{١ر٢٥}{١ر٢٥} =$ ١

« « الأوكسيجين $= \frac{١ر٨٧}{١ر٢٥} =$ ١ر٥

أى أن نسبة عدد ذرات الحديد إلى عدد ذرات الأوكسيجين فى جزىء هذا المركب هى ٢ : ٣

∴ القانون الأولى لهذه المادة هو $\text{ح}_{٢}\,\text{ا}_{٣}$

تعيين القانون الجزيئى لمادة من قانونها الأولى :

إذا عرف القانون الأولى لمادة فانه يمكن تعيين قانونها الحقيق (أى قانونها الجزيئى) متى عرف الوزن الجزيئى لهذه المادة

مثال ١ — إذا كان القانون الأولى للبنزين هو (ك يد) فأوجد قانونه الجزيئى مع العلم بأن الكثافة النسبية لبخار البنزين ٣٩

العمـــل

بما أن الوزن الجزيئى لمادة = ضعف كثافتها النسبية

.·. الوزن الجزيئى للبنزين = ٢ × ٣٩ = ٧٨

ولكن (ك يد) تدل على وزن جزيئى = ١٢ + ١ = ١٣

وبما أن $\frac{٧٨}{١٣}$ = ٦

.·. الوزن الجزيئى الحقيقى = ستة أمثال الوزن الذى يدل عليه بالقانون الأولى ك يد

.·. القانون الحقيقى (الجزيئى) للبنزين هو $ك_٦ يد_٦$

مثال ٢ — يراد معرفة القانون الجزيئى لحامض الخليك إذا علم أن كل (١٠٠) جزء منه تحتوى على (٤٠) جزءا بالوزن من الكربون و٦٦٧ر٦ جزء من الايدروجين و٣٣٣ر٥٣ جزء من الأوكسيجين وأن الوزن الجزيئى للحامض هو ٦٠

عدد ذرات الايدروجين = $\frac{٦٫٦٦٧}{١}$ = ٦٦٧ر٦

« « الأوكسيجين = $\frac{٥٣٫٣٣٣}{١٦}$ = ٣٣٣ر٣

« « الكربون = $\frac{٤٠}{١٢}$ = ٣٣٣ر٣

.·. نسبة عدد ذرات الايدروجين والكربون والأوكسيجين فى جزىء الحامض هى ٢ : ١ : ١

.·. القانون الأولى للحامض هو $يد_٢$ ك ا ويدل هذا على وزن جزيئى قدره ٢ + ١٢ + ١٦ = ٣٠

ولكن الوزن الحقيقى هو ٦٠ أى ضعف الوزن الذى يدل عليه القانون الأولى

.·. القانون الحقيقى لحامض الخليك هو $يد_٤ ك_٢ ا_٢$

تعيين التركيب المئوى لمركب عرف قانونه الجزيئى :

تتضح طريقة ذلك من المثال الآتى : —

أوجد نسبة التركيب المئوى لحامض النيتريك إذا علم أن قانونه الجزيئى هو يد ن ا$_٣$

العمل

نوجد الوزن الجزيئى من الحامض بجمع أوزان الذرات الموجودة فيه

∴ الوزن الجزيئى لحامض النيتريك = ١ + ١٤ + ٣ × ١٦ = ٦٣

∴ ٦٣ جزءاً بالوزن من الحامض فيها ١٤ جزءاً من النيتروجين ، جزء واحد من الايدروجين ، ٤٨ جزءاً من الاوكسيجين

∴ ١٠٠ جزء بالوزن من الحامض فيها $\frac{١٠٠ \times ١٤}{٦٣}$ جزء من النيتروجين ، $\frac{١٠٠ \times ١}{٦٣}$ من الايدروجين ، $\frac{١٠٠ \times ١٦}{٦٣}$ من الأوكسيجين

∴ ١٠٠ جزء بالوزن من الحامض فيها ٢٦ر٢٢ جزءاً من النيتروجين ، ١ر٥٤ من الايدروجين ، ٢ر٧٦ من الأوكسيجين

فتكون نسبة التركيب المئوى لحامض النيتريك هى ٢٦ر٢٢ ٪ نيتروجينا ، ١ر٥٤ ٪ أيدروجينا ، ٢ر٧٦ ٪ أوكسيجينا

المعادلات الكيماوية :

لدلالة على التفاعلات الكيماوية بطريقة مختصرة تستعمل معادلات تسمى (المعادلات الكيماوية) تبين فيها العناصر المتفاعلة وعدد الذرات الداخلة منها فى التفاعل والناتجة عنه

فمثلا إذا علم أن حجمين من الايدروجين يتحدان بحجم من الأوكسيجين لتكوين حجمين من بخار الماء وعلى حسب فرض افوجادرو ينتج أن ٢ س جزىء من الايدروجين تتحد مع س جزىء من الاوكسيجين لتكوين ٢ س جزىء من بخار الماء

أو أن ٢ جزىء من الايدروجين تتحد مع ١ جزىء من الأوكسيجين لتكوين ٢ جزىء من بخار الماء

وحيث إن القانون الجزيئى للايدروجين هو يد$_{٢}$ وللاوكسيجين هو ا$_{٢}$ فانه يمكن التعبير عن اتحاد الغازين بالشكل المختصر الآتى :

(٢ يد$_{٢}$ + ا$_{٢}$ = ٢ جزىء من بخار الماء)

ومعنى هذا أن أربعة ذرات من الايدروجين تتحد بذرتين من الاوكسيجين وينتج منهما جزيئان من بخار الماء فلا بد أن يكون جزىء بخار الماء مكوناً من ذرتين من الايدروجين وذرة من الاوكسيجين وعلى هذا تكتب المعادلة الدالة على التفاعل بالشكل الآتى :

٢ يد$_{٢}$ + ا$_{٢}$ = ٢ يد$_{٢}$ا

ولا تصح كتابة المعادلة بالشكل الآتى (يد$_{٢}$ + ا = يد$_{٢}$ ا) لأن فى ذلك ما يشعر بأن ذرة غاز الأوكسيجين قد توجد منفردة وذلك يخالف للنظرية الذرية

فالمعادلة الكيماوية إذن عبارة عن متساوية يوجد فى الطرف الأيمن منها قوانين المواد المتفاعلة مسبوقة بأرقام تدل على عدد الجزيئات المشتركة فى التفاعل ويوجد فى طرفها الثانى قوانين المواد الناتجة من التفاعل وعدد جزيئاتها

ومن الواضح أن كتابة معادلة كيماوية تستلزم فى أول الأمر علماً بالأجسام المشتركة فى التفاعل والناتجة عنه وبما أنه لا يفقد شىء من المادة فى أثناء أى تفاعل كيماوى فان الطرف الأيسر من المعادلة يكون مشتملا على جميع الذرات الموجودة فى الطرف الأيمن منها كما أن أوزان المواد الموجودة فى الطرفين تكون متساوية وإنما يختلف طرفا المعادلة فى كيفية ارتباط الذرات بعضها ببعض

قوانين ومعادلات شهيرة

الطريقة التى ذكرت سابقاً لايجاد القانون الجزيئى هى الطريقة العامة التى يمكن تطبيقها فى أغلب الأحوال غير أنه يمكن فى كثير من الظروف أن

يعرف القانون الجزيئى للمادة بطريقة سهلة وأقرب مثال لذلك قانون الماء حيث أثبتنا أنه (يد٢ ا) دون أن نلجأ لتحليله ومعرفة تركيبه المئوى ووزنه الجزيئى وإليك أمثلة أخرى توضح ذلك كما أنها تبين طريقة كتابة المعادلات للتفاعلات الكيميائية : —

مثال ١ — قانون كلوريد الأيدروجين

يتحد حجم من الأيدروجين بحجم من الكلور وينتج منهما حجمان من كلوريد الايدروجين

أى أن س جزىء من الأيدروجين + س جزىء من الكلور = ٢ س جزىء من كلوريد الأيدروجين

أو أن ١ جزىء من الأيدروجين + ١ جزىء من الكلور = ٢ جزىء من كلوريد الايدروجين

ولما كان قانون الأيدروجين هو يد٢ وقانون الكلور هو كل٢ ينتج أن

يد٢ + كل٢ = ٢ جزىء من كلوريد الأيدروجين

ومن هذا يتضح أن الجزيئين من كلوريد الأيدروجين يتكونان من اتحاد ذرتين من الأيدروجين وذرتين من الكلور فلا بد أن يكون الجزىء الواحد مكوناً من اتحاد ذرة واحدة من الأيدروجين وذرة واحدة من الكلور أى أن قانون كلوريد الأيدروجين هو (يد كل) وعلى هذا تكون المعادلة كما يأتى : —

يد٢ + كل٢ = ٢ يد كل

ولا يصح وضع المعادلة بالشكل (يد + كل = يد كل) للسبب الذى تقدم ذكره فى معادلة الماء

مثال ٢ — قانون النشادر

يتحد حجم من النيتروجين بثلاثة حجوم من الأيدروجين وينتج حجمان من غاز النشادر

أى أن س جزىء من النيتروجين + ٣ س جزىء من الايدروجين = ٢ س جزىء من غاز النشادر

∴ جزىء من النيترورجين + ٣ جزىء من الأيدروجين = ٢ جزىء من غاز النشادر

وحيث إن القانون الجزئى للنيتروجين هو (ن$_٢$) والأيدروجين هو (يد$_٢$)

∴ ن$_٢$ + ٣ يد$_٢$ = ٢ جزىء من النشادر

وواضح من هذا أن جزىء النشادر يكون من ذرة واحدة من النيتروجين وثلاث ذرات من الأيدروجين فقانونه إذن هو (ن يد$_٣$) وكون المعادلة الممثلة لتكوينه هى (ن$_٢$ + ٣ يد$_٢$ = ٢ ن يد$_٣$)

مثل ٣ — قانون ثانى أوكسيد الكربون :

إذا احترق الكربون الصلب فى الاوكسجين يكون حجم ثانى أوكسيد الكربون المتكون مساوياً حجم الأوكسيجين اى أن

كربون صلب + حجم الأوكسيجين = حجم من ثانى أوكسيد كربون

ومن فرض أفوجادرو يتضح أن عدد جزيئات ثانى أوكسيد الكربون الناتج يساوى عدد جزيئات الأوكسيجين فاذا ابتدأنا بجزىء واحد من الأوكسيجين مثلا فانا نحصل على جزىء واحد من ثانى أوكسيد الكربون ومن هذا ينتج أن : —

كربون صلب + جزىء أوكسيجين = جزيئا من ثانى أوكسيد الكربون

فاذا فرضنا أن عدد ذرات الكربون التى تتحد بجزىء الأوكسيجين هو (ن) نتج أن

$$ك_ن + ا_٢ = ك_ن ا_٢$$

ولكن الكثافة النسبية لثانى أوكسيد الكربون (٢٢) أى ان وزنه الجزيئى (٤٤) فوجب أن يكون مجموع أوزان الذرات فى ك$_ن$ ا$_٢$ مساوياً (٤٤)

وحيث إن ا$_٢$ = ٣٢ لأن الوزن الذرى للاوكسيجين ١٦

∴ وزن ك$_ن$ = ٤٤ — ٣٢ = ١٢ (أى أن وزن ذرات الكربون التى عددها ن = ١٢) ولكن وزن ذرة الكربون ١٢ ∴ ن = ١

وعلى ذلك يكون قانون ثانى أوكسيد الكربون هو ك ا$_٢$ وتكون المعادلة
ك + ا$_٢$ = ك ا$_٢$

ولا نفهم من هذه المعادلة أن ذرة الكربون قد توجد منفردة لأننا لا نعلم شيئاً عن عدد الذرات الموجودة فى جزىء الكربون فهنا نكتب مثل هذه المعادلة بأبسط الأعداد الممكنة

مثال ٤ — قانون أول أوكسيد الكربون :

يتحد حجمان من أول أوكسيد الكربون بحجم من الأوكسيجين وينتج حجمان من ثانى أوكسيد الكربون

∴ ٢ س جزىء من أول أوكسيد الكربون + س جزىء من الأوكسيجين = ٢ س جزىء من ثانى أوكسيد الكربون

∴ ٢ جزىء من أول أوكسيد الكربون + ١ جزىء من الأوكسيجين = ٢ جزىء من ثانى أوكسيد الكربون

وحيث إن قانون الجزىء الأوكسيجين هو ا$_٢$ وثانى أوكسيد الكربون هو ك ا$_٢$

∴ ٢ جزىء من أول أوكسيد الكربون + ا$_٢$ = ٢ ك ا$_٢$

ومعنى هذا أن الجزيئين من ثانى أوكسيد الكربون (وفيهما ذرتان من الكربون وأربع ذرات من الأوكسيجين) يتكونان من ذرتين من الأوكسيجين وجزيئين من أول أوكسيد الكربون فلا شك أن الجزيئين من أول أوكسيد الكربون يحتويان على ذرتين من الأوكسيجين وذرة من الكربون ويكون الجزىء الواحد مكوناً من ذرة من الأوكسيجين وذرة من الكربون ويكون قانون الجزىء ك ا وعلى ذلك تكتب المعادلة كالآتى : (٢ ك ا + ا$_٢$ = ٢ ك ا$_٢$)

مثـال (٥) قانون الميثان :

إذا علم أن حجما من غاز الميثان يحـترق فى حجمين من الأوكسـيجين وينتج حجم من ثانى أوكسيد الـكربون وماء سائل فأوجد قانون الميثان

س جزىء من الميثان + ٢ س جزىء من الأوكسيجين = س جزىء ثانى أوكسيد كربون + ماء (سائل)

∴ ١ جزىء من الميثان + ٢ جزىء من الأوكسيجين = ١ جزىء ثانى أوكسيد الـكربون + ماء (سائل)

∴ ١ جزىء من الميثان + ٢ ا$_2$ = ك ا$_2$ + ماء (سائل)

ولما كان الطرف الأيسر من المعادلة الأخيرة لا يحوى إلا ذرة واحدة من الـكربون (لأن الماء لا يحوى كربوناً) فوجب أن يكون الطرف الأيمن مشتملا على ذرة واحدة من الـكربون وهذه لا توجد إلا فى جزىء الميثان

وواضـح أيضا أنه قد دخل فى تكوين ثانى أوكسيد الـكربون ذرتان من الأوكسيجين وبما أنه يوجد فى الطرف الأيمن من المعادلة أربع ذرات منه فلا شك أن الذرتين الأخريين قد دخلتا فى تكوين الماء ولـكن كل ذرتين من غاز الاوكسيجين تتحدان بأربع ذرات من الايدروجين ليتكون جزيئان من الماء فلا بد أن تكون هذه الذرات الأربع الايدروجينية قد أتت من جزىء الميثان

وعلى هـذا يكون جزىء الميثان مكوناً من ذرة من الـكربون وأربع ذرات من الايدروجـين فقانونه هو (ك يد$_4$) وتكتب المعـادلة هكذا [ك يد$_4$ + ٢ ا$_2$ = ك ا$_2$ + ٢ يد$_2$ ا]

التكافؤ أو الذرية

علم أن الوزن الذرى للاوكسيجين (١٦) « باعتبار ذرة الايدروجين وحدة » ، وأن مكافئه (٨) وظاهر من هذا أنه عند اتحاد الاوكسيجين بالايدروجين تتحد الذرة من الأول بذرتين من الثانى

كذلك علم أن مكافىء الكربون (٣) أى أن ٣ أجزاء بالوزن منه تتحد مع أو تحل محل الجزء الواحد من الايدروجين . وحيث إن الوزن الذرى للكربون (١٢) كان ذلك دليلا على أن ذرة الكربون فى التفاعلات الكيميائية تتحد مع أو تقوم مقام أربع ذرات من الايدروجين . أما الكلور فان مكافئه (٣٥ر٥) ووزنه الذرى (٣٥ر٥) أيضاً وذلك يدل على أن الذرة من الكلور تتحد مع أو تقوم مقام ذرة واحدة من الايدروجين ، وإذا اتحدت بها فلا يمكن أن تتحد بغيرها بمعنى أن ميل ذرة الكلور للتشبع بالايدروجين لايتعدى الاتحاد بذرة من الأخير . أما فى حال الأوكسيجين فان الذرة منه لاتتشبع بأقل من ذرتين من الايدروجين . فاذا اعتبرنا قوة التشبع بالذرة الايدروجينية وحدة فى قياس تكافؤ العناصر كان الكلور أحادى التكافؤ والأوكسيجين ثنائى التكافؤ والكربون رباعى التكافؤ

تعريف : تكافؤ العنصر هو عدد ذرات الايدروجين التى تتحد بها أو تقوم مقامها ذرة واحدة من هذا العنصر

علاقة التكافؤ بالوزن الذرى

لنفرض أن المراد معرفة تكافؤ كل من الصوديوم والماغنيسيوم والألومينيوم علماً بأن الأوزان الذرية لها وللايدروجين على الترتيب ٢٣ و٣٢ ر٢٤ و١ فاول ماتجب معرفته هو أوزانها المكافئة وقد دلت التجارب على أنها ٢٣ و ٢٥ ر ١٢ و ٩ و ١ على التعاقب

∴ ٢٣ وحدة من الصوديوم تحل محل وحدة وزنية واحدة من الايدروجين أى أن الذرة الواحدة من الصوديوم تحل محل ذرة من الايدروجين

كذلك ١٦ ر ١٢ وحدة وزنية من الماغنيسيوم تحل محل وحدة من الايدروجين

∴ ٣٢ ر ٢٤ وحدة وزنية من الماغنيسيوم تحل محل وحدتين من الايدروجين

بمعنى أن الذرة الواحدة من الماغنيسيوم تحل محل ذرتين من الأيدروجين

وأخيراً — كل ٩ وحدات وزنية من الألومنيوم تحل محل وحدة واحدة من الايدروجين

∴ كل ٢٧ وحدات وزنية من الألومنيوم تحل محل ٣ وحدات من الايدروجين

ولكن العدد ٢٧ هو الوزن الذرى للألومينيوم

∴ الذرة الواحدة من الألومنيوم تحـــل محل ثلاث ذرات من الايدروجين

وعلى ذلك يكون تكافؤ الصوديوم (١) وتكافؤ الماغنيسيوم (٢) وتكافؤ الألومنيوم (٣) وواضح من ذلك أنه يكفى للحصول على تكافؤ أى عنصر أن يقسم وزنه الذرى على وزنه المكافىء

فمثلا — تكافؤ الصوديوم $= \frac{٢٣}{٢٣} = ١$

« « الماغنيسيوم $= \frac{٢٤٫٥}{١٢٫٢٥} = ٢$

« « الألومينيوم $= \frac{٢٧}{٩} = ٣$

ومن هذه العلاقة تظهر صحة القانون الآتى الذى يبين العلاقة بين المكافىء والتكافؤ والوزن الذرى لعنصرما :

قانون : الوزن الذرى لعنصر ما = مكافئه × تكافؤه

ويمكن إثبات هذا القانون بطريقة عامة كما يأتى : نفرض عنصراً تكافؤه (ن) فمعنى هذا أن ن ذرة من الايدروجين تتحد مع (أو تكافىء) ذرة واحدة من العنصر أوأن ن جزءاً بالوزن من الايدروجين تتحد مع (أو تكافىء) الوزن الذرى للعنصر

∴ جزء واحد بالوزن من الايدروجين يتحد مع (أو يكافىء) $\frac{\text{الوزن الذرى للعنصر}}{\text{ن}}$

وبما أن مكافىء العنصر هو وزنه الذى يتحد مع أو يحل محل جزء واحد بالوزن من الايدروجين

∴ $\frac{\text{الوزن الذرى للعنصر}}{ت}$ = مكافىء العنصر

∴ $\frac{\text{الوزن الذرى للعنصر}}{\text{تكافؤ هذا العنصر}}$ = مكافىء العنصر

أى أن الوزن الذرى لعنصر ما = المكافىء × التكافؤ

ملاحظة :

١ — ليست كل العناصر تتحد بالايدروجين مباشرة ففى هذه الحالة يقدر تكافؤه بعدد ذرات من عنصر آخر أحادى التكافؤ

مثال ١ — ذرة الكالسيوم تتحد بذرتين من الكلور (وهو أحادى التكافؤ) ∴ الكالسيوم ثنائى التكافؤ

٢ — ذرة الصوديوم تتحد بذرة من الكلور (وهو أحادى التكافؤ) = الصوديوم أحادى التكافؤ

٢ — قد يكون للعنصر الواحد أكثر من تكافؤ واحد فالنحاس أحادى التكافؤ فى الاوكسيد الاحمر له وثنائى التكافؤ فى الاوكسيد الاسود — كذلك الزئبق أحادى التكافؤ فى بعض المركبات وثنائى فى البعض الآخر والكربون فى أول أوكسيد الكربون ثنائى التكافؤ ولكنه فى ثانى أوكسيد الكربون رباعى التكافؤ . على أنه إذا قيل إن الكربون رباعى التكافؤ كان القصد أنه كذلك فى أغلب مركباته أى أن الذرة منه لا تتشبع إلا بأربع ذرات من الايدروجين (أو ثنتين من الأوكسيجين) ولذلك نجد أن أول أوكسيد الكربون يميل إلى الاتحاد بالأوكسيجين لعدم تشبع الكربون فيه بما يكفيه منه

ويجب أن يلاحظ أنه عند تطبيق القانون السابق أن التكافؤ والمكافىء يحسبان فى نفس المركب الواحد فمثلا فى حالة الحديد تجد وزنه المكافىء فى

كلوريد الحديدوز (٢٨) وتكافؤه (٢) بينما تجـد مكافئه فى كلوريد الحديديك ($١٨ \frac{٢}{٣}$) وتكافؤه (٣) وكل من هاتين النتيجتين تعطى مقداراً واحداً للوزن الذرى للحديد

فنى كلوريد الحديدوز : الوزن الذرى = ٢ × ٢٨ = ٥٦
وفى « الحديديك « « = ٣ × $١٨ \frac{٢}{٣}$ = ٥٦

٣ ــ عندما يكون للعنصر أكثر من تكافؤ واحد فان مركباته تميز باضافة (وز) إلى آخرها للدلالة على العنصر فى أقل تكافؤ وفيما عدا ذلك فتكون الاضافة (يك)

مثال ذلك

١ ــ للحديد كلوريدان أولهما كلوريد الحديدوز (ح كل$_٢$) وفيه الحديد ثنائى التكافؤ وثانيهما كلوريد الحديديك (ح كل$_٣$) وفيه الحديد ثلاثى التكافؤ

٢ ــ للنحاس أوكسيدان أولهما أوكسيد النحاسوز (أحمر ــ نح$_٢$ ا) وفيه النحاس أحادى التكافؤ وثانيهما أوكسيد النحاسيك (اسود ــ نح ا) وفيه النحاس ثنائى التكافؤ

٣ ــ للحديد أوكسيدان أولهما أوكسيد الحديدوز (ح ا) وفيه الحديد ثنائى التكافؤ وثانيهما أوكسيد الحديديك (ح$_٢$ ا$_٣$) وفيه الحديد ثلاثى التكافؤ

والجدول الآتى يبين تكافؤ العناصر الشهيرة وفيه الأسماء المكتوبة بين أقواس تدل على أن العنصر له أكثر من تكافؤ واحد

سداسى التكافؤ	خماسى التكافؤ	رباعى التكافؤ	ثلاثي التكافؤ	ثنائى التكافؤ	أحادى التكافؤ
	(نيتروجين)	كربون	(نيتروجين)	باروم	أيدروجين
	(فوسفور)	سيليكون	(فوسفور)	كالسيوم	صوديوم
		قصدير	ألومنيوم	ماغنيسيوم	بوتاسيوم
			كروم	خارصين	فضة
				رصاص	كلور
				أوكسيجين	بروم
			(حديد)	(حديد)	يود
			ذهب	(نحاس)	(نحاس)
				(زئبق)	(زئبق)
(كبريت)		(كبريت)		(كبريت)	فلور
كروم				نيكل	
				كوبلت	
		رصاص		(قصدير)	

طريقة ديلونج وبتى فى تعيين الاوزان الذرية :

تستعمل هذه الطريقة فى تعيين الوزن الذرى لعنصر ليس له مركبات غازية أو مركبات يمكن تحويلها إلى أبخرة (وأغلب الفلزات من هذا النوع) وقد ذكرنا فيما سبق أن المقادير التى نحصل عليها بهذه الطريقة تقريبية ولكن بعد معرفة العلاقة بين الوزن الذرى للعنصر ومكافئه وتكافؤه يمكن استخدام قانون ديلونج وبتى فى تعيين الوزن الذرى الحقيقى ويتضح ذلك من المثل الآتي

مثال — أوجد الوزن الذرى للخارصين إذا علم أن حرارته النوعية (٠٫٠٩٥) ووزنه المكافىء (٣٢٫٧)

العمل — الوزن الذرى × الحرارة النوعية = ٦٫٤ (قانون ديلونج وبتى)

∴ التكافؤ × المكافىء × الحرارة النوعية = ٦٫٤

∴ التكافؤ × ٣٢٫٧ × ٠٫٠٩٥ = ٦٫٤

∴ التكافؤ = ٦٫٤ / (٣٢٫٧ × ٠٫٠٩٥) = ٢٫٠٦

وبما أنه لا يمكن أن يكون تكافؤ العنصر كسراً (إذ لا يمكن أن ذرة الخارصين تتحد مع ٢٫٠٦ ذرات من الأيدروجين) فلا بد أن يكون تكافؤ الخارصين هو ٢ فقط والخطأ ناشىء من أن العدد ٦٫٤ تقريبى

∴ الوزن الذرى للخارصين = ٢ × ٣٢٫٧ = ٦٥٫٤

أهمية معرفة التكافؤ فى كتابة القوانين والمعادلات :

كثيراً ما نستعين بمعرفة التكافؤ على كتابة القوانين الأولية للمركبات فمثلا إذا علمنا أن الماء يتكون من الايدروجين والأوكسيجين فابسط قانون له هو (يد$_2$ ا) لأن الأوكسيجين ثنائى التكافؤ فالذرة منه لا بد أن تتحد بذرتين من الايدروجين . كذلك إذا علم أن مركباً يتكون من الماغنيسيوم والكلور وعلم أن الماغنيسيوم ثنائى التكافؤ فلا يمكن أن يكون قانونه الأولى (ما كل) بل (ما كل$_2$) وبالمثل إذا علم أن مركباً يتكون من الصوديوم (وهو أحادى التكافؤ) والأوكسيجين (وهو ثنائى التكافؤ) فلا بد أن يكون القانون الأولى لأوكسيد الصوديوم هو (ص$_2$ ا) لأن ذرة الأوكسيجين الثنائية التكافؤ تتحد مع ذرتين من الصوديوم الأحادى التكافؤ . ويجب أن يلاحظ أن التكافؤ وحده لا يمكننا من وضع القانون الجزيئى ولكنه يساعدنا فقط على وضع القانون الأولى له ومتى عرف هذا الأخير وعرف أيضاً الوزن الجزيئى للمركب استطعنا وضع القانون الحقيقى ففى الماء مثلا يساعدنا التكافؤ على معرفة أن ذرة من الأوكسيجين تتحد بذرتين من الايدروجين بمعنى أن القانون الأولى للماء هو (يد$_2$ ا) وهذا لا ينفى أن

يكون القانون الجزيئى الحقيقى للماء (يد$_{٤}$ا$_{٢}$) أو (يد$_{٣}$ا$_{٦}$) وغير ذلك مما لا يمكن التثبت منه إلا بمعرفة الوزن الجزيئى فان العلم بأن الوزن الجزيئى للماء هو (١٨) يدل على أن القانون الجزيئى له هو (يد$_{٢}$ا) وليس (يد$_{٤}$ا$_{٢}$) أو (يد$_{٦}$ا$_{٣}$)

ويساعد التكافؤ أيضاً على وضع المعادلات الدالة على التفاعلات الكيماوية والأمثلة الآتية توضح ذلك :

مثال ١ — تفاعل الخارصين مع حامض الايدروكلوريك : —

عندما يتفاعل الخارصين مع حامض الايدروكلوريك يحل الأول محل الايدروجين فى الثانى ولما كان الخارصين ثنائى التكافؤ فلا يمكن أن يوضع الطرف الأيمن للمعادلة على الصورة (خ + يد كل) لأن ذرة الخارصين تحتاج لذرتين من الايدروجين لتحل محلهما وهاتان لا توجدان إلا فى جزيئين من حامض الايدروكلوريك فوجب أن يكون فى الطرف الأيمن جزيئان الحامض فنكتب المعادلة بالصورة الآتية :

خ + ٢ يد كل = خ كل$_{٢}$ + يد$_{٢}$

مثال ٢ — تفاعل الصوديوم مع الماء

يتفاعل الصوديوم مع الماء فيخرج الايدروجين وتتكون الصودا الكاوية ولما كان الصوديوم أحادى التكافؤ فعند تفاعله مع الماء تحل ذرة منه محل ذرة من الايدروجين ويعبر عن التفاعل هكذا

ص + يد$_{٢}$ا = ص ا يد + يد

ولكن لما كانت ذرة الايدروجين لا توجد وحدها على حالة انفراده فاننا نضرب طرفى المعادلة فى (٢) فنكتب هكذا

٢ ص + ٢ يد$_{٢}$ا = ٢ ص ا يد + يد$_{٢}$

ملاحظة : لا تكتب ذرتا الصوديوم ص$_{٢}$ لأن هذا الرمز يدل على جزىء من الصوديوم فيه ذرتان ولكن لما كان الصوديوم من العناصر الصلبة فانه لم يتوصل للآن إلى معرفة عدد الذرات فى جزىء منه

مثال ٣ — تعادل حامض الأيدروكلوريك والصودا الكاوية :

يتفاعل حامض الايدروكلوريك مع الصودا الكاوية فيحل الصوديوم محل الايدروجين فى الحامض مكوناً كلوريد الصوديوم وبما أن الصوديوم أحادى التكافؤ فان ذرة واحدة منه تحل محل ذرة واحدة من الايدروجين فى الحامض ويعبر عن ذلك بالصورة الآتية :

يد كل + ص ا يد = ص كل + يد$_{2}$ ا

المجموعات الذرية

المجموعة الذرية عبارة عن مجموعة من الذرات متحدبعضها ببعض وتوجد فى المركبات ولكنها لا توجد منفصلة قائمة بذاتها فهى من هذه الوجهة شبيهة بالذرة لا توجد على حالة الانفراد

والمجموعات الذرية كثيرة نذكر منها ما يأتى :

(١) مجموعة الكبريتات ورمزها (كب ا$_{4}$) وهى ثنائية التكافؤ وتوجد فى حامض الكبريتيك (يد$_{2}$ كب ا$_{4}$) وكبريتات الخارصين (خ كب ا$_{4}$) وكبريتات الصوديوم (ص$_{2}$ كب ا$_{4}$)

(٢) مجموعة النيترات : ورمزها (ن ا$_{3}$) وهى أحادية التكافؤ وتوجد فى حامض النيتريك واملاحه ومن مركباتها حامض النيتريك (نيترات الايدروجين يدن ا$_{3}$) ونيترات الصوديوم (ص ن ا$_{3}$) ونيترات الرصاص ر (ن ا$_{3}$)$_{2}$

(٣) مجموعة الكربونات : ورمزها (ك ا$_{3}$) وهى ثنائية التكافؤ وتوجد فى أملاح حامض الكربونيك ومن مركباتها كربونات الصوديوم (ص$_{2}$ك ا$_{3}$) وكربونات الكالسيوم كا (كاك ا$_{3}$)

(٤) المجموعة الايدروكسيدية : ورمزها (ا يد) وهى أحادية التكافؤ وتوجد فى القلويات الكاوية ومن مركباتها أيدروكسيد الصوديوم (ص ا يد) وأيدروكسيد الكالسيوم كا (ا يد)$_{2}$

(٥) مجموعة البيكربونات : ورمزها (يد ك ا$_٣$) وهى أحادية التكافؤ وتوجد فى أملاح حامض الكربونيك الايدروجينية ومن مركباتها بيكربونات الصوديوم (ص يد ك ا$_٣$) وبيكربونات الكالسيوم كا (يدك ا$_٣$)$_٢$

(٦) مجموعة النيتريت : ورمزها (ن ا$_٢$) وهى أحادية التكافؤ وتوجد فى حامض النيتروز وأملاحه ومن مركباتها حامض النيتروز (يدن ا$_٢$) ونيتريت الصوديوم (ص ن ا$_٢$)

(٧) مجموعة البيكبريتات : ورمزها (يد كب ا$_٤$) وهى أحادية التكافؤ وتوجد فى أملاح حامض الكبريتيك الايدروجينية ومن مركباتها بيكبريتات الصوديوم (ص كب ا يد$_٤$)

(٨) مجموعة الكبريتيت : ورمزها (كب ا$_٣$)وهى ثنائية التكافؤ وتوجد فى حامض الكبريتوز وأملاحه ومن مركباتها حامض الكبريتوز (يد$_٢$ كب ا$_٣$) وكبريتيت الصوديوم (ص$_٢$ كب ا$_٣$)

(٩) مجموعة الأمونيوم : ورمزها (ن يد$_٤$) وهى أحدية التكافؤ ولها سلسلة من الأملاح كأملاح الصوديوم والبوتاسيوم ومن مركباتها إيدروكسيد الامونيوم (ن يد$_٤$ ا يد) وكلوريد الأمونيوم (ن يد$_٤$ كل) وكبريتات الأمونيوم {(ن يد$_٤$)$_٢$ كب ا$_٤$} ونيتريت الأمونيوم (ن يد$_٤$ ن ا$_٢$)

(١٠) مجموعة الكلورات : ورمزها (كل ا$_٣$) وهى أحادية التكافؤ وتوجد فى حامض الايدروكلوريك وأملاحه ومن مركباته حامض الكلوريك (كلورات الايدروجين) (يد كل ا$_٣$) وكلورات الباريوم با (كل ا$_٣$)$_٢$.

ويمكن الاستعانة بمعرفة رموز هذه المجموعات وتكافؤاتها على كتابة القوانين والمعادلات الكيماوية المختلفة ولايضاح ذلك نضرب الأمثلة الآتية

المثال الأول : قانونا كبريتات الحديدوز وكبريتات الحديديك .

الحديد ثنائى التكافؤ فى أملاح الحديدوز وثلاثيه فى أملاح الحديديك ومجموعة الكبريتات ثنائية التكافؤ فذرة الحديد إذن تتحد مع مجموعة واحدة فى كبريتات الحديدوز ويكون قانونه (ح كب ا$_٤$) كما أن الذرتين

من الحديد تتحدان بثلاث مجموعات فى كبريتات الحديديك فيكون قانونه
{ح$_{٢}$ (كب ا$_{٤}$) $_{٣}$}

وبالمثل يكون قانون أوكسيد الحديدوز (ح ا) وأوكسيد الحديديك ح$_{٢}$ ا$_{٣}$

المثال الثانى : قوانين كربونات الصوديوم وكربونات الكالسيوم وبيكربونات الكالسيوم .

الصوديوم أحادى التكافؤ ومجموعة الكربونات ثنائية التكافؤ فعند تكوين كربونات الصوديوم تتحد ذرتان من الصوديوم بمجموعة واحدة فيكون قانونه (ص$_{٢}$ ك ا$_{٣}$)

ولما كان الكالسيوم ثنائى التكافؤ فان الذرة منه تتحد بمجموعة واحدة من الكربونات لتكوين كربونات الكالسيوم الذى يكون قانونه (كا ك ا$_{٣}$)

وحيث إن مجموعة البيكربونات أحادية التكافؤ لزم أن يكون قانون بيكربونات الكالسيوم {كا (يد ك ا$_{٣}$) $_{٢}$}

المثال الثالث : قوانين أيدروكسيد الصوديوم والأمونيوم والكالسيوم

المجموعة الايدروكسيدية أحادية التكافؤ وكذلك الصوديوم والمجموعة النشادرية (الأمونيوم) أما الكالسيوم فثنائى التكافؤ وعلى هذا تكون قوانين المذكورة كما يأتى : (ص ا يد) (ن يد$_{٤}$ ا يد) {كا (ا يد)$_{٢}$}

قاعدة التعويض

من المعلوم أن جزىء حامض الايدروكلوريك يحتوى على ذرة واحدة من الايدروجين وهذه الذرة يمكن أن تحل محلها ذرة واحدة من عنصر أحادى التكافؤ كالصوديوم (٢ ص + ٢ يد كل = ص كل + يد$_{٢}$)

ويمكن أن تحل ذرة من أى فلز ثنائى التكافؤ محل ذرتين من الايدروجين ويتم ذلك فى حالة المغنيسيوم هكذا (ما + ٢ يد كل = ما كل$_{٢}$ + يد$_{٢}$)

أما جزىء حامض الكبريتيك ففيه ذرتان من الايدروجين يمكن أن

تحل محل إحداهما ذرة من عنصر أحادى التكافؤ أو تحل محلهما معاً ذرتان من عنصر أحادى التكافؤ ففى تعادل حامض الكبريتيك مع الصودا الكاوية مثلا يكون التفاعل بالصورة الآتية :

ص ا يد + يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ص يد كب ا$_{٤}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا

ويسمى الملح الناتج فى هذه الحالة كبريتات الصوديوم الايدروجينية أو بيكبريتات الصوديوم وقد يحدث التفاعل بالنسبة التى تظهر من المعادلة الآتية :

(٢ ص ا يد + يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ص$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا)

وهنا حلت ذرتا الصوديوم محل كل ايدروجين الحامض ونتج ملح لا أيدروجين فيه يسمى كبريتات الصوديوم الأصلية .

فواضح من هذا أن لحامض الكبريتيك نوعين من الأملاح (الأصلية والايدروجينية) وينتج النوع الأول من حلول الفلز محل نصف ايدروجين الحامض وينتج الثانى من حلول الفلز محل كل ايدروجين الحامض ولذلك يسمى الحامض (ثنائى القاعدية) وذلك بخلاف حامض الأيدروكلوريك الذى يقال له (أحادى القاعدية) .

وكل حامض فى جزيئه ذرتان من الايدروجين يمكن أن يحل محل إحداهما أو كليهما عنصر فلزى يكون ثنائى القاعدية كحامض الكبريتوز وكذلك حامض الكربونيك ثنائى القاعدية .

أما حوامض الأيدروكلوريك والنيتريك وحيث فهى أحادية القاعدية لأن الجزىء من كل منها لا يحوى إلا ذرة واحدة من الايدروجين .

وحامض الفوسفوريك يد$_{٣}$ فو ا$_{٤}$ ثلاثى القاعدية .

تعريف : قاعدية الحامض هى عدد ذرات الايدروجين الموجودة فى جزء منه والتى يمكن أن تحل محلها الفلزات .

الحساب الكيماوى :

١ — حساب الأوزان : إذا عرفت المعادلة الدالة على تفاعل كيماوى أمكن حساب الأوزان النسبية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل

مثال ذلك عند اتحاد الكربون بالأوكسيجين لتكوين ثانى أوكسيد الكربون يمكن تمثيل الاتحاد بالمعادلة الآتية :

$$ك + ا_٢ = ك ا_٢$$

ومعنى هذا أن ذرة الكربون تتحد بجزىء من الأوكسيجين لتكوين جزىء من ثانى أوكسيد الكربون فبالتعويض عن الرموز فى هذه المعادلة بالأوزان الذرية نجد أن

$$ك + ا_٢ = ك ا_٢$$

$$١٢ + ٣٢ = ٤٤$$

أى أن (١٢) جزءاً بالوزن من الكربون تتحد مع (٣٢) جزءاً بالوزن من الأوكسيجين وينتج عن هذا الاتحاد (٤٤) جزءاً من غاز ثانى أوكسيد الكربون

وهذه المقادير نسبية وصحيحة دائماً مهما كان نوع الوحدة المستعملة فى الوزن فمن (١٢) جراما من الكربون و (٣٢) جراما من الاوكسيجين تنتج (٤٤) جراما من ثانى أوكسيد الكربون ويصح أن يقال أيضاً إن كل (١٢) رطلا من الكربون تتحد مع (٣٢) رطلا من الأوكسيجين لانتاج (٤٤) رطلا من ثانى أوكسيد الكربون

ويرى مما تقدم إمكان حساب ما يتكون من ثانى اوكسيد الكربون عند إحراق أى مقدار من الكربون أو استعمال أى قدر من الاوكسيجين

فمثلا ٦ جرامات من الكربون تحتاج إلى ١٦ جراما من الأوكسيجين لتكوين ٢٢ جراما من ثانى أوكسيد الكربون

، ٥ جرامات من الكربون تحترق فى $\frac{٣٢ \times ٥}{١٢}$ جراما من الأوكسيجين لتكوين $\frac{٤٤ \times ٥}{١٢}$ جراما من ثانى أوكسيد الكربون

، ٨ جرامات من الأوكسيجين تتحد مع (٣) جرامات من الكربون فيتكون (١١) جراماً من ثانى أوكسيد الكربون

مثال ثان :

أوجد ما يلزم من البوتاسيوم للحصول على (٢٨) جراما من البوتاسا الكاوية بتفاعل البوتاسيوم مع الماء

العمـــل

فى المعادلة : بوتاسيوم + ماء = ايدروجين + بوتاسا كاوية

٢ بو + ٢ يد$_٢$ ا = يد$_٢$ + ٢ بو ا يد

نضع بدل الرموز الأوزان الذرية للعناصر فنحصل على

(٢ × ٣٩) + (٢ × ١٨) = ٢ + ٢ × (٣٩ + ١٦ + ١)

أى أن ٧٨ + ٣٦ = ٢ + ١١٢

ومن هذا تعلم أن للحصول على ١١٢ جم من البوتاسا الكاوية يلزم (٧٨) جم من البوتاسيوم

∴ للحصول على ٢٨ جم من البوتاسا الكاوية يلزم $\frac{٢٨ \times ٧٨}{١١٤}$ = ١٩$\frac{١}{٢}$ جم من البوتاسيوم

مثال ثالث :

كم جراماً من الايدروجين يمكن الحصول عليها باذابة (١٣٠) جراماً من الخارصين فى حامض الايدروكلوريك ؟

العمـــل

خ + ٢ يد كل = خ كل$_٢$ + يد$_٢$

∴ ٦٥ + ٧٣ += ١٣٦ + ٢

أى أنه باستخدام (٦٥) جم من الخارصين يمكن الحصول على (٢) جم من الايدروجين

∴ باستخدام (١٣٠) جم من الخارصين يمكن الحصول على $\frac{١٣٠ \times ٢}{٦٥}$ = (٤) جم من الايدروجين

ملاحظة : ليس من الضرورى فى مثل هذه المسألة وضع أوزان حامض الأيدروكلوريك وكلوريد الخارصين

مثال رابع :

احسب النسبة المئوية لثانى أكسيد الكربون فى كربونات الكالسيوم

الحل

المعادلة هى كا ك أ٣ = كا أ + ك أ٢

∴ (٤٠ + ١٢ + ٤٨) = (٤٠ + ١٦) + (١٢ + ٣٢)

أى أن ١٠٠ = ٥٦ + ٤٤

ويتضح من ذلك أن النسبة المئوية هى ٤٤

مثال خامس :

احسب وزن الصودا الكاوية التى تتعادل مع (٤٠) جراماً من حامض الايدروكلوريك واحسب أيضاً وزن الملح الذى يتكون

الحل

المعادلة هى : — يد كل + ص أ يد = ص كل + يد٢ أ

∴ (١ + ٣٥٫٥) + (٢٣ + ١٦ + ١) = (٢٣ + ٣٥٫٥) + ٢ + ١٦

٣٦٫٥ + ٤٠ = ٥٨٫٥ + ١٨

ويظهر من هذا أن ٣٦٫٥ جم من الحامض تتعادل مع ٤٠ جراماً من الصودا ويتكون (٥٨٫٥) جم من الملح

.·. ١٤٦ جم من الحامض تتعـادل مع $\frac{١٤٦ \times ٤٠}{٣٦ر٥}$ جراماً من الصودا
ويتكون $\frac{١٤٦ \times ٥٨ر٥}{٣٦ر٥}$ جم من الملح

.·. ١٤٦ جم من الحامض تتعادل مع ١٦٠ جراماً من الصودا
ويتكون ٢٣٤ جم من الملح

ب : حساب الحجوم

أثبتنا فيما سبق أن عـدد الجرامات الدال على وزن (٢٢ر٤) من اللتر من أى غاز فى درجة الصفر والضغط المعتاد هو نفس العدد الدال على الوزن الجزيئى للغـاز فاذا ذكر لرمز (ك ا$_{٢}$) مثـلا فى أى معادلة من المعـادلات الكيماوية كان ذلك الرمز دالا على جزىء من ثانى أوكسيد الكربون وزنه (٤٤) فاذا اعتبرت وحدة الأوزان الجرام كان ك ا$_{٢}$ دالا على حجم ٢٢ر٤ لتراً من غاز ثانى أوكسـيد الكربون فى درجـة الصفر والضغط المعتـاد — كذلك ا$_{٢}$ رمز لجزىء من الأوكسيجين وزنه (٣٢) فاذا قدر هـذا الوزن بوحدة الجرام كانت ا$_{٢}$ دالة على مقدار من الأوكسيجين يشغل حجما قدره (٢٢ر٤) من اللتر فى درجة الصفر والضغط المعتاد

فلا يقتصر مدلول المعادلات الكيميائية على النسبة الوزنية التى تشترك بها المواد فى التفاعل بل تدل أيضاً على حجوم ما يكون منها غازاً تحت الضغط المعتـاد فى درجة الصفر فيمكن إذن استخدام المعـادلات فى حساب حجوم الغازات التى تشترك فى أى تفاعل كيماوى والأمثلة الآتية تبين ذلك :

مثال ١ — ما حجم الأوكسيجين الذى يمكن الحصول عليه من (٦٤ر٨) جم من أوكسيد الزئبق مقدراً هـذا الحجم فى درجة الصفر والضغط المعتاد ؟

العمل

معـادلة انحلال الراسب الأحمر هى (٢ ـــا = ٢ ـــ + ا$_{٢}$)
ومنها يرى أن جزيئين من الأوكسيد تذيج جزيئاً من الأوكسيجين

أو أن ٤٣٢ جراماً من الأوكسيد تنتج ٣٢ جراماً من غاز الأوكسيجين

ولكن كل ٣٢ جراماً من هذا الغاز فى درجة الصفر والضغط المعتاد تشغل حجما قدره (٤ر٢٢) من اللتر

∴ ٤٣٢ جم من الأوكسيد تنتج ٤ر٢٢ لتراً من الأوكسيجين فى درجة الصفر والضغط المعتاد

∴ ٦٤ر٨ جم من الأوكسيد تنتج $\frac{٢٢ر٤ \times ٨ر٦٤}{٤٣٢}$ = ٤٤٨ر٠ من اللتر فى درجة الصفر والضغط المعتاد

مثال ٢ :

ما وزن الكبريت اللازم احتراقه للحصول على ٤٨ر٤ من اللتر من غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى درجة الصفر والضغط المعتاد ؟

العمـــل

$$\text{كب} + \text{ا}_{٢} = \text{كب ا}_{٢}$$

من هذه المعادلة يرى أن ٣٢ جزءاً من الكبريت تلزم للحصول على مقدار من الغاز وزنه ٦٤ جزءاً

ولكن كل ٦٤ جم من ثانى أوكسيد الكبريت فى درجة الصفر والضغط المعتاد تشغل حجما قدره ٤ر٢٢ من اللتر

أى أن ٣٢ جم كبريت تلزم للحصول على ٤ر٢٢ لتراً من ثانى أوكسيد الكبريت فى درجة الصفر والضغط المعتاد

∴ « س » جم كبريت تلزم للحصول على ٤٨ر٤ لتراً من ثانى أوكسيد الكبريت فى درجة الصفر والضغط المعتاد

ومنه س = $\frac{٤ر٤٨ \times ٣٢}{٢٢ر٤}$ = ٤ر٦ جم

مثال ٣ :

ما حجم الأوكسيجين الذى يمكن الحصول عليه من (٩ر٤) جم من كلورات البوتاسيوم فى درجة ٩١° مئوية وتحت ضغط ٢ر٦٧ سم من الزئبق ؟

العمـــل

٢ بوكل ا٣ = ٢ بوكل + ٣ ا٢

بمعنى أن ٢٤٥ جزءا بالوزن من كلورات البوتاسيوم تلزم لانتاج كمية من الأوكسيجين وزنها ٩٦

أى أن كل (٢٤٥) جم من الكلورات ينتج منها ٩٦جم من الأوكسيجين

ولكن كل ٣٢ جم من الأوكسيجين حجمها فى درجة الصفر والضغط المعتاد ٤ر٢٢ من اللتر

∴ ٩٦ جم من الأوكسيجين حجمهـا فى درجة الصفر والضغط المعتاد ٣ × ٤ر٢٢ = ٢ر٦٧ من اللتر

∴ ٢٤٥ جم من الكلورات ينتج منها ٢ر٦٧ لتراً من الأوكسيجين فى درجة الصفر والضغط المعتاد

∴ ٩ر٤ جم من الكلورات ينتج منها $\frac{٢ر٦٧ \times ٩ر٤}{٢٤٥}$ = ٣٤٤ر١ من اللتر من الأوكسيجين فى درجة الصفر والضغط المعتاد

وهذا الحجم يصـــير فى درجة ٩١° وضغط ٢ر٦٧ سم مساويا $\frac{٣٤٤ر١ \times ٧٦ \times ٣٦٤}{٢ر٦٧ \times ٢٧٣}$ = ٠٢٦٦ر٢ لترا

مثال ٤ :

ما حجم الأيدروجين فى درجـة ٢٧° م وضغط (٨٤) سم الذى يمكن الحصول عليه من تحليل ٥ر٤ جم من الماء بالتيار الكهربى ؟

العمـــل

٢ يد$_{٢}$ أ = ٢ يد$_{٢}$ + أ$_{٢}$

.·. ٣٦ جزءاً من الماء تنتج ٤ أجزاء بالوزن من الأيدروجين

أى أن ٣٦ جم من الماء تنتج ٤ جم من الأيدروجين

ولكن حجم ٢ جم من الأيدروجين إذا كان فى درجة الصفر والضغط المعتاد ٤ر٢٢ من اللتر

.·. ٣٦ جم من الماء تنتج ٢ × ٤ر٢٢ = ٨ر٤٤ من اللتر من الايدروجين فى درجة الصفر والضغط المعتاد

.·. ٥ر٤ جم من الماء تنتج $\frac{\text{٥ر٤} \times \text{٨ر٤٤}}{\text{٣٦}}$ = ٦ر٥ من اللتر من الايدروجين فى درجة الصفر والضغط المعتاد

ولكن هذا الحجم إذا وجد فى درجة ٢٧°م وتحت ضغط ٨٤ سم فانه يصير مساويا

٦ر٥ × $\frac{\text{٣٠٠}}{\text{٢٧٣}}$ × $\frac{\text{٧٦}}{\text{٨٤}}$ = ٥ر٥٧ من اللتر

أسئلة

١ — عرف الوزن الذرى والتكافؤ والوزن المكافىء واذكر العلاقة بينها

٢ — كيف تتوصل لمعرفة الوزن الذرى للخارصين ؟

٣ — لذكر قانون دولنج وبتى مبيناً كيف استنتج هذا القانون

٤ — ما مدلول الرموز الآتية : — ا$_{٢}$ ، ٢ ا ، ٣ ك ا$_{٢}$

٥ — إذا كان الوزن الذرى لعنصر الكربون ١٢ والأوكسيجين ١٦ والكبريت ٣٢ والأزوت ١٤ فأوجد

أولا) الوزن الجزيئى للمواد التى تمثلها القوانين ك$_{٦}$ يد$_{٦}$ ، يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ ، يد ك ن ، يد ن ا$_{٣}$

ثانياً ، أى الغزات الآتية أثقل من الهواء وأيها أخف منه : — ك ا$_{٢}$ ، يد$_{٢}$ كب ، ن ا$_{٢}$ ، ن يد$_{٣}$ ؟ ك يد$_{٤}$ ، ا$_{٢}$

٦ — إذا علمنا أن الرمز (يد$_{٢}$) يدل على ٥٠ سم^{٣} من غاز الايدروجين فما حجوم الغازات التى تدل عليها القوانين الآتية : يد كل ، ٥ ك ا$_{٢}$ ، ٣ ن يد$_{٣}$ ، ٤ ا$_{٢}$

٧ — اشرح بايضاح كل ما تدل عليه المعادلات الآتية : —

١ — خ + يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = يد$_{٢}$ + خ كب ا

٢ — يد$_{٢}$ + كل$_{٢}$ = ٢ يد كل

٣ — ك + ا$_{٢}$ = ك ا$_{٢}$

٨ — كيف يستخدم قانون دولنج وبتى فى إيجاد الأوزان الذرية

٩ — فى إحدى التجارب وجد أن ٥ر٠ جم من الخارصين تحل محل ١ر٦٦ جم من الفضة فى محلول نيترات الفضة أوجد من ذلك الوزن الذرى للفضة مع العلم بأن حرارتها النوعية ٠٥٧ر٠ وأن الوزن المكافىء للخارصين ٥ر٣٢

١٠ — أذيب جرام واحد من فلز ما فى حامض الأيدوركلوريك لحل محل ١٢٤٢ سم٣ من الايدروجين فى درجة صفر وتحت ضغط ٧٦٠ مم . فاذا كانت الحرارة النوعية للفلز ٢٣ ر . فاحسب وزنه المكافىء وتكافؤه ووزنه الذرى

١١ — يتحد جرامان من الكربون مع ٥ر٣٣ جم من الأوكسيجين لتكوين أوكسيد كربون غازى . احسب من ذلك أبسط قانون يمثل الأوكسيد مع العلم بأن الوزن الذرى للكربون ١٢ والأوكسيجين ١٦ .

إذا كانت الكثافة النسبية للأوكسيد ٢٢ فما القانون الحقيقى ؟

١٢ — يحتوى سائل طيار على ٥ر٣٧ ٪ كربونا ى ٥ر١٢ ٪ ايدروجينا ، ٥٠ ٪ أوكسيجينا وكثافته النسبية ١٦ فما قانونه الجزيئى ؟

١٣ — وجد أن ٦٧ر١٣ جم من أحد أكاسيد الرصاص تحتوى على ٣٩ر١٢ جم من الرصاص ، ٢٨ر١ جم من الأوكسيجين فاذا كان الوزن الذرى للرصاص ٤ر٢٠٦ أوجد أبسط قانون يدل على الأوكسيد .

١٤ — الحرارة النوعية لفلزين س ى ص هى ٢٥ر٠ ، ٢٤ر٠ على الترتيب ووزنهما المكافىء ١٢ ى ٩ على الترتيب فما قانون الكلوريد المكون من كل منهم ؟

١٥ — إذا وجد أن كلوريد فلز ما يحتوى على ٥٤ر٦٥ ٪ من الكلور ى ٤٦ر٣٤ ٪ من الفلز ثم وجد أن الكثافة النسبية لبخار هذا الكلوريد ٨٠ تقريباً فاذا علم أن الوزن الذرى للكلور ٥ر٣٥ فاحسب من ذلك (ا) الوزن الجزيئى الصحيح للكلوريد (ب) قيمة مضاعفة للوزن الذرى للفلز .

١٦ — أوجد القانون الجزيئى لثانى أوكسيد الكبريت من المعلومات الآتية: (ا) يحترق الكبريت فى ٥٠ سم٣ من الأوكسيجين فينتج ٥٠ سم٣ من ثانى أوكسيد الكبريت .

(ب) الكثافة النسبية لثانى أوكسيد الكبريت = ٣٢

١٧ — يتحد ١٥٠ سم^3 من النيتروجين مع ٤٥٠ سم^3 من الايدروجين فينتج ٣٠٠ سم^3 من غاز النشادر أوجد من ذلك القانون الجزيئى للنشادر .

١٨ — إذا تفرقع فى اديومتر مخلوط مكون من ٢٠ سم^3 من أول أوكسيد الكربون ، ٢٠ سم^3 من الأوكسيجين فما نوع وحجم ما يكون فى الايديومتر من الغازات ؟

١٩ — إذا تفرقع ٢٠ سم^3 من أيدروكربون غازى قابل للاحتراق فى الأوكسيجين مع ٤٠ سم^3 من الأوكسيجين وتكون ٢٠ سم^3 من ثانى أوكسيد الكربون وبعض الماء فاستنتج من ذلك قانون الايدروكربون .

٢٠ — إذا كان قانون غاز الميثان هو ك يد$_4$ وأنه يحترق فى الأوكسيجين حسب المعادلة .

ك يد$_4$ + ٢ ا$_2$ = ا$_2$ = ٢ ك ا$_2$ + يد ا$_2$

وإذا أمرت شرارة كهربائية فى مخلوط مكون من ١٠ سم^3 من الايدروجين ، ١٠ سم^3 من المثين ، ٣٠ سم^3 من الأوكسيجين فماذا يكون حجم الغز الباقى ونوعه ؟

٢١ — يحترق الاثيلين فى الأوكسيجين حسب المعادلة ك$_2$ يد$_4$ + ٣ا$_2$ = ٢ ك ا$_2$ + ٢ يد$_2$ا

فاذا فرقع مخلوط من ٢٠ سم^3 من الايثيلين و ٢٠٠ سم^3 من الأوكسيجين فما نوع وحجم الغز البقى ؟

٢٢ — احسب التركيب المئوى للمركبات الآتية : ك$_2$ يد$_4$ ا$_2$ ، بوكل ا$_3$ ، يد$_2$ كب .

٢٣ — احسب النسبة المئوية لماء التبلر فى بلورات الملح الانكليزى إذا كان قانون هذه البلورات هو (ما كب ا$_4$ ، ٧ يد$_2$ ا)

٢٤ — احسب التركيب المئوى لكربونات الكالسيوم . ما النسبة المئوية لثانى أوكسيد الكربون فيه ؟

٢٥ — احسب وزن الايدروجين الناتج من إذابة ٣٫٩ جم من البوتاسيوم فى الماء .

٢٦ — سخن ١٢ جم من كربونات النحاس حتى انقطع تصاعد ثانى أوكسيد الكربون فما وزن المادة الباقية بعد التسخين .

٢٧ — احسب وزن حامض الايدروكلوريك النقى الذى يتعادل تعادلا تاماً مع ٣٥ جم من الصودا الكاوية .

٢٨ — ما وزن الصودا الكاوية اللازمة لتتعادل تماماً مع ١٠ سم٣ من محلول حامض كبريتيك مخفف كثافته ١٫١٥٥ جم مع العلم بأنه يحتوى على ٢١ ٪ من الحامض .

٢٩ — ما وزن الكبريت لذى ينتج من احتراقه فى الاوكسيجين لترمن ثانى أوكسيد الكبريت فى معدل الضغط والحرارة ؟

٣٠ — يتحلل نيترات الأمونيوم حسب المعادلة (ن يد٤ ن ا٣ = ٢ يد٢ ا + ن٢ ا)

احسب من ذلك وزن نيترات الامونيوم التى تنتج ٢½ لتراً من أوكسيد النيتروز (ن٢ا) فى درجة ٣٩°م وتحت ضغط ٧٤١ مم

٣١ — ما حجم ثانى أوكسيد الكبريت فى درجة ١٥°م وضغط ٧٦٥ مم الناتج من تسخين ١٠ جم من الزئبق فى مقدار زائد عن الحد من حامض الكبريتيك المركز

٣٢ — إذا كانت كثافة حامض النيتريك النقى ١٫٥٢٢ جم فما حجم الحامض اللازم ليتعادل مع ١٠٠ جم من البوتاسا الكاوية وما وزن الملح الناتج من التعادل

٣٣ — إذا أمر ١٠ جم من بخار الماء فوق الحديد المسخن لدرجة الاحمرار فما حجم الايدروجين المتكون إذا كانت درجه حرارته ٢٦°م

وضغطه ٧٤١ مم مع العلم بأن ½ البخار فقط ينحل فى أثناء مروره على الحديد ؟

٣٤ — أخذ جرام واحد من مادة محتوية على الكربون وسخن مع أوكسيد الرصاص الأصفر فتكون ١٠ جم من فلز الرصاص أوجد النسبة المئوية للكربون فى المادة

٣٥ — إذا كان الهواء العادى يحتوى على ٢١ ٪ من وزنه أوكسيجيناً فما وزن الهواء اللازم لاحراق ٤٥ جم من الكبريت حرقاً تاماً ؟

٣٦ — إذا كانت كثافة محلول من الصودا الكاوية ١٫٣٢ جم ويحتوى على ٢٨٫٨ ٪ من الصودا الكاوية فما وزن حامض الكبريتيك اللازم ليتعادل تماما مع لتر من هذا المحلول ؟

٣٧ — ما وزن أوكسيد النحاس الأسود الذى يمكن اختزاله إلى نحاس بتسخينه فى الايدروجين الناتج من إذابة ٤ جم من الحديد فى حامض الكبريتيك

٣٨ — سخن ٢٫٤٨ جم من أوكسيد فلز مع فحم الخشب وامتص ثانى أوكسيد الكربون الناتج فكان وزنه ٠٫٦٨٦ جم أوجد مكافىء هذا الفلز وتكافؤه ووزنه الذرى إذا علم أن حرارته النوعية ٠٫٠٩٥.

٣٩ — سخن ١٫٨١٢ جم من أوكسيد عنصر مع الكبريت بحيث لم يخرج إلا ثانى أكسيد الكبريت وكان نقص فى الوزن ٠٫٧٢٦ جم . عين الوزن الذرى للعنصر إذ كانت حرارته النوعية ٠٫٠٥٢

٤٠ — إذ كانت المعادلة الدالة على تفاعل حامض الايدروكلوريك مع ثانى أوكسيد المجنيز هى

م أ$_2$ + ٤ يد كل = م كل$_2$ + كل$_2$ + ٢ يد$_2$ أ

احسب من ذلك (أولا) حجم الكلور الناتج من تفاعل ٤٥ جم

من ثانى أوكسيد المنجنيز مع مقدار زائد من الحامض إذا كانت درجة حرارة الغاز ١٥° م وضغطه ٧٥٥ مم

(ثانياً) وزن حامض الايدروكلوريك النقى اللازم لانتاج ٤٤٫٨ لتراً من الكلور فى درجة الصفر والضغط المعتاد

٤١ — أمرت شرارات كهربائية فى ١٥٠ سم ٣ من غاز النشادر فتحلل إلى عنصريه أوجد حجم الغاز بعد انحلاله

٤٢ — فرقع ١٥ سم ٣ من غاز النشادر فتحلل إلى عنصريه ثم أضيف ٤٠ سم ٣ من الأوكسيجين إلى مخلوط الغازين ثم فرقع الجميع . اذكر نوع وحجم الغازات الباقية قبل وبعد الفرقعة الثانية

الباب الحادى عشر

النيتروجين والنشادر

النيتروجين (أو الأزوت)

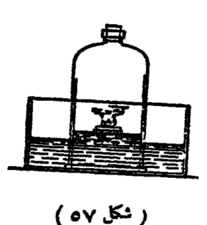
NITROGEN

رمزه ن (N) ، وزنه الذرى ١٤ ، وزنه الجزيئى ٢٨

تكافؤه ٢ أ، ٤ أ، ٥

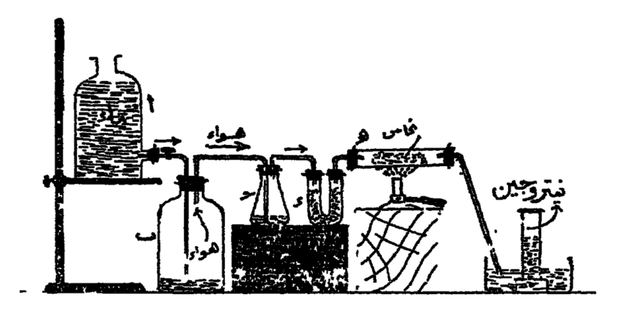
استحضار النيتروجين من الهواء

يعلم الطالب أن النيتروجين يستحضر من الهواء بحرق الفوسفور فى حيز محدود منه (شكل ٥٧) أو بامرار تيار بطىء من الهواء فى أنبوبة حديدية محتوية على خراطة النحاس ، ومسخنة لدرجة الاحمرار (شكل ٥٨)



(شكل ٥٧)

والنيتروجين المستحضر من الهواء يكون مخلوطاً بثانى أوكسيد الكربون وبخار الماء ولتنقيته منهما يمرر الهواء قبل مروره على النحاس فى أنبوبة محتوية على محلول الصودا الكاوية ثم فى أنبوبة أخرى محتوية على حامض الكبريتيك المركز فتمتص الأولى ثانى أوكسيد الكربون وتمتص الثانية بخار الماء وبالرغم من هذا فان النيتروجين لا يكون نقياً لأنه يحتوى على غاز الأرجون وبعض غازات أخرى خاملة وليس من السهل تنقيته منها . ولهذا فان النيتروجين الذى يستحضر عادة من مركبات نيتروجينية



شكل (٥٨)

تحضير النيتروجين من مركبات نيتروجينية

إذا سخن محلول مشبع بنيتريت الأمونيوم فانه ينحل إلى نيتروجين وماء وفقاً للمعادلة : ن يد٤ ن ا٢ = ن٢ + ٢ يد٢ ا

ويندر الحصول على نيتريت الأمونيوم لأنه سهل الانحلال ويصعب حفظه سواء أكان صلباً أم على شكل محلول ولهذا يستعاض عنه فى تحضير الأزوت بمخلوط من نيتريت الصوديوم وكلوريد الأمونيوم بنسبة وزنيهما الجزيئيين (ويحسن أن تزيد كمية كلوريد الأمونيوم قليلا عن هذه النسبة) فاذا جهز محلول مشبع بهذا المخلوط وسخن حدث تفاعل مزدوج بين الملحين حسب المعادلة الآتية :—

نيتريت صوديوم + كلوريد أمونيوم = كلوريد صوديوم + نيتريت أمونيوم

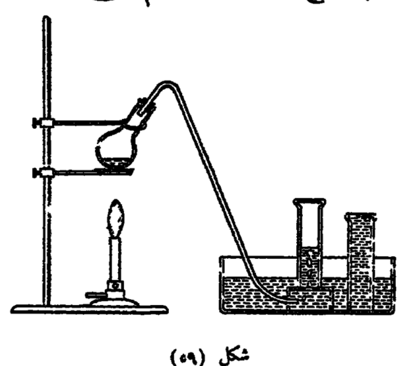
ص ن ا٢ + ن يد٤ كل = ص كل + ن يد٤ ن ا٢

وينحل نيتريت الأمونيوم الناتج من التفاعل إلى نيتروجين وماء بالتسخين كما ذكر قبلا

تجربة ١ *

خذ دورقاً صغيراً واجعل له سداداً ضابطاً ذا ثقب تمر منه أنبوبة

توصيل يمكن أن يغمر طرفها فى ماء حوض وتنكس عليه المخابير المراد جمع الغاز فيها (شكل ٥٩) : ضع فى الدورق ١٥ جم من نيتريت الصوديوم ثم ١٠ أجرمة من كلوريد الأمونيوم وصب على المخلوط ١٠٠ جم من الماء وسخن الدورق تسخيناً هيناً حتى يبدأ التفاعل ويتصاعد الغاز ثم أبعد النار واجمع من الغاز المتصاعد ما تحتاج إليه من المخابير



شكل (٥٩)

وإذا أردت تجفيف الغاز قبل جمعه يجب أن تمرره فى حامض كبريتيك مركز ثم تجمعه فوق الزئبق

وقد يتولد النيتروجين فى بعض التفاعلات الكيمائية فمثلا إذا أمر الكلور فى محلول النشادر المركز شكل ٦٠ انفصل النيتروجين وفقاً للمعادلة (٨ ن يد$_٣$ + ٣ كل$_٢$ = ٦ ن يد$_٤$ كل + ن$_٢$) وذلك لأن الكلور يتحد أولا مع أيدروجين النشادر مكوناً كلوريد الأيدروجين وتاركا النيتروجين ثم يتحد كلورويد الايدروجين بكمية أخرى من النشادر مكوناً كلوريد الأمونيوم ويشرح هاتين المرحلتين من التفاعل بالمعادلتين الآتيتين : —



شكل (٦٠)

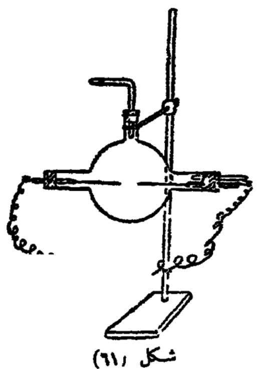
١ — ٢ ن يد$_٣$ + ٣ كل$_٢$ = ن$_٢$ + ٦ يد كل

٢ — ٦ ن يد$_٣$ + ٦ يد كل = ٦ ن يد$_٤$ كل

ولا يستحضر النيتروجين بهذه الطريقة إلا نادراً لأنه إذا زادت كمية الكلور عن الحد المطلوب تكون ثالث كلوريد النيتروجين (ن كل٣) وهو مادة سريعة الانفجار شديدة الخطر ولهذا يراعى عند إجراء هذه التجربة أن يستعمل مقدار كبير من النشادر وأن يمر الكلور ببطء فيلاحظ أنه كلما اتصل الكلور بالمحلول حدث تفاعل شديد مصحوب بضوء أصفر ضعيف . ويتصاعد النيتروجين فى هذا التفاعل بسرعة ويمكن جمعه فوق الماء

خواص النيتروجين

النيتروجين غاز لا يشتعل ولا يساعد على استمرار الاحتراق العادى ، ولا يؤثر فى عباد الشمس بلونيه ولا يعكر ماء الجير . وهو غير سام ولكنه لا يصلح للنفس ، ولذلك أسماه لافوازييه باسم أزوت (Azote) إشارة إلى أنه لايساعد على الحياة


شكل (٦١)

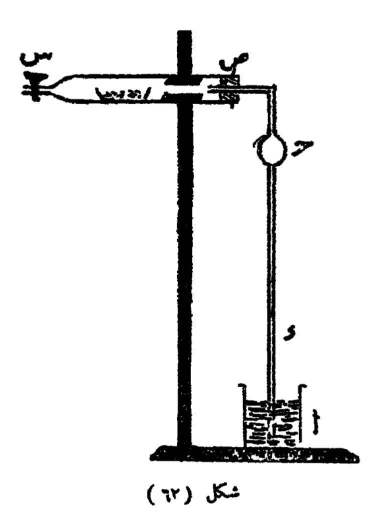
ويمكن أن يقال بوجه عام إن النيتروجين غاز خامل ليس له ميل شديد للاتحاد بغيره من العناصر الأخرى . إلا أنه مع هذا الخمول يتحد ببعض العناصر فى ظروف خاصة ، فاذا أمر فى الهواء مثلا شرر كهربائى متتابع . يتحد النيتروجين بالأوكسيجين مكوناً لقليل من غاز يسمى أوكسيد النيتريك . ويمكن إيضاح ذلك فى المعمل بجهاز كالمبين (بشكل ٦١) . وكذلك يمكن بالشرر الكهربى أن يتحد النيتروجين بالايدروجين مكوناً لغاز النشادر . ويتحد النيتروجين بفلز المغنيسيوم فى درجات الحرارة العالية مكوناً لمسحوق أبيض يسمى بنتريد المغنيسيوم ،

ــــــــــــــــ

، السبب يتكون قليل من هذا النتريد عند احتراق المغنيسيوم فى الهواء

٢ * : اتحاد النيتروجين والماغنيسيوم

خذ قليلا من برادة الماغنيسيوم فى قارب من الخزف ، وأدخل القارب فى أنبوبة احتراق متينة (س ص) لها صنبور عند (س) ومتصلة من جهة (ص) بأنبوبة (ﺟ ء) ذات انتفاخ (ﺣ) وينغمس طرفها فى ماء بكأس (ا) (شكل ٦٢) . أمرر تياراً من غاز النيتروجين فى الأنبوبة فى اتجاه س ص إلى أن يطرد كل الهواء من الجهاز وتمتلئ بالغاز كل الأنبوبة س ص ، ثم أقفل الصنبور وسخن الماغنيسيوم



شكل (٦٢)

بلهب موقد بنزن . ثم بلهب شديد الحرارة تلاحظ أن النيتروجين فى س ص يتمدد فى أول الأمر ، فتشاهد فقاقيعه تخرج من ماء الكأس . وعند ما تصل درجة الحرارة الى ٩٠٠°م تقريبا يقف تمدد الغاز ويعلو الماء فى الأنبوبة ﺣ ء دلالة على أن هذه الأنبوبة قد خلت من بعض الغاز فارتفع الماء ليحل محله فيها ، كما تشاهد حدوث مادة مسحوقة بيضاء تتخلف فى القارب هى نيتريد المغنيسيوم وقد تكونت من اتحاد النيتروجين والمغنيسيوم

النيتروجين والحياة

النيتروجين ضرورى للحياة كالأوكسيجين ، إلا أن كل كائن حى لا ينتفع به إلا إذا أعطى له بشكل يسهل عليه تمثيله . فالحيوان مثلا لا ينتفع به باستنشاقه من الهواء الجوى . والنباتات تحصل على النيتروجين اللازم لها من

الأرض إذ تمتصه بشكل نيترانات قابلة للذوبان . وبعض النباتات ، مثل الحمص والفول ، فى استطاعتها أن تنتفع بالنيتروجين الجوى مباشرة ، وذلك لوجود عقد فى جذورها ممتلئة بكائنات حية دقيقة تقوم بجمع النيتروجين للنبات من الهواء الجوى : ويتحول النيتروجين بعد امتصاص النبات له من أى مصدر وتمثيله إلى مركبات نيتروجينية عضوية منها مركبات تعرف باسم البروتينات ، أما الحيوانات فتنتفع بالنيتروجين إذا أعطى لها بشكل بروتين فآكلات النبات تحصل على البروتين فى غذائها النباتى أما آكلات اللحوم فتحصل عليه بأكل اللحوم وبهذه الطريقة يحصل كل كائن حى على ما يلزمه من النيتروجين

النشادر (AMMONIA)

قانون ن يد٣ (NH_3) ؟ وزنه الجزيئى ١٧

وجوده فى الطبيعة

يوجد النشادر بكميات قليلة فى الهواء وبعض المياه الطبيعية وفى الأراضى التى تكثر فيها عمليات انحلال وتعفن الموادالعضوية . ويتكون النشادر فى هذه الأراضى بفعل كائنات حية دقيقة فى الموادالعضوية الموجودة فى التربة، كذلك يتكون النشادر بكثرة فى الاصطبلات حيث يسهل تمييزه برائحته المعروفة

أحوال تولده

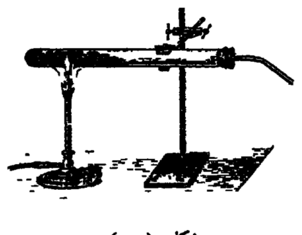
يتولد النشادر فى ظروف كثيرة أهمها ما يأتى :—

١ — عند تعفن المواد العضوية (خصوصاً البولية) بتأثير نوع من الكائنات الحية الدقيقة وهذا هو سبب وجوده فى الاصطبلات وفى تكوين أملاحه فى الأراضى الزراعية

٢ — بالتقطير المتلف للمواد العضوية المحتوية على النيتروجين وعلى الأخص القرون والجلود والريش . وقد يتولد الغاز بسرعة من مثل هذه المواد إذا سخنت مع جير الصودا وهو مخلوط من الجير الحى والصودا الكاوية

تدريب ٣*

سخن بعضاً من الريش فى أنبوبة اختبار كبيرة مسدودة بسداد تمر منه أنبوبة ملتوية (شكل ٦٣) تلاحظ أن الريش يتفحم وتتولد أبخرة سمراء إذا شممتها أدركت فيها رائحة النشادر . عرض للأبخرة ورقة عباد شمس حمراء تجدها تزرق لأن محلول النشادر قلوى



شكل (٦٣)

٣ — بالتقطير الملتف للفحم الحجرى لأنه يحتوى على بعض المواد العضوية ومقدارمن الأزوت يعادل ٢ ٪ تقريباً من وزنه فاذا ما سخن الفحم تسخيناً شديداً بمعزل عن الهواء اتحد النيتروجين بالايدروجين وتكون غازالنشادر وهذا هو السبب فى تصاعد هذا الغاز فى عملية تحضير غاز الاستصباح والسائل النشادرى الذى يحصل عليه فى معامل الغاز هو أهم مصدر لتحضير مركبات النشادر

٤ — بتسخين كلوريد الأمونيوم مع الجير المطفأ وهذه هى الطريقة المتبعة لتحضير الغاز فى المعمل .

تدريب ٤ *

جهز مخلوطا من نحو ١٠ جم من كلوريد الأمونيوم وَ ٢٠ جم من الجير المطفأ الجاف واسحقه فى هاون ثم ضعه فى دورق له سداد تنفذ منه أنبوبة تصاعد متصل طرفها الآخر بأنبوبة شعبية محتوية على قطع من الجير الحى أو الصودا الكاوية .

سخن الدورق تسخيناً هيناً واجمع الغاز فى مخبار جاف بازاحة الهواء إلى أسفل كما هو مبين بشكل ٦٤ ثم تأكد أن المخبار قد امتلأ بالغاز بأن تقرب من فوهته لهب شمعة موقدة فينطفىء . اجمع من المخابير

ما تحتاج إليه وبعد أن ينتهى تصاعد الغاز اكشف عن المادة الباقية فى الدورق تجدها كلوريد الكالسيوم . ويعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة

كلوريد الأمونيوم + ايدروكسيد الكالسيوم = كلوريد الكالسيوم + ايدروكسيد الأمونيوم

٢ ن يد$_{٤}$ كل + كا (ايد $_{٢}$)

= كا كل$_{٢}$ + ٢ ن يد$_{٤}$ ا يد

شكل (٦٤)

أما أيدروكسيد الأمونيوم فانه ينحل بسرعة إلى ماء وغاز النشادر وفقاً للمعادلة

ن يد$_{٤}$ ا يد = ن يد$_{٣}$ + يد$_{٢}$ ا

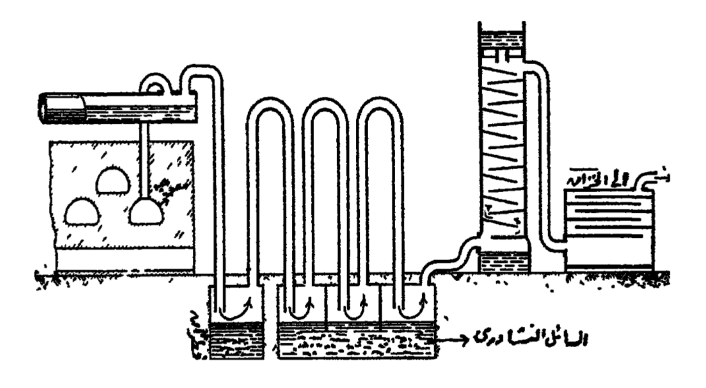
وفائدة الجير الحى أو الصودا الكاوية الموضوعة فى الأنبوبة الشعبية هى تجفيف الغاز مما قد يكون مختلطاً به من الرطوبة ولا يصح استعمال حامض الكبريتيك أو كلوريد الكالسيوم أو خامس أوكسيد الفوسفور فى تجفيف النشادر لأن هذه المواد تتحد معه بسرعة .

ملحوظة :

إذا أريد الحصول على الغاز مجففاً يجمع فوق الزئبق بعد مروره على الجير الحى

تحضير النشادر للتجارة

يستحضر معظم النشادر اللازم لأسواق العالم من السائل النشادرى الناتج من تقطير الفحم الحجرى تقطيراً متلفا وقد وجد أن كل طن من الفحم ينتج عنه خمسة أرطال من النشادر. والطريقة المتبعة فى تحضيره هى أن تمرر الغازات الناتجة من التقطير فى أوعية محتوية على الماء (شكل ٦٥) فيذوب النشادر ويتكون السائل النشادرى فيعالج هذا السائل بالجير ويسخن



شكل (٦٥)

فيتصاعد منه غاز النشادر فيمرر هذا الغاز فى حامض كبريتيك مخفف ويبخر المحلول فترسب فيه بلورات كبريتات الأمونيوم . ويمكن الحصول على النشادر من هذه البلورات بتسخينها مع الجير فيتصاعد النشادر فيمرر فى الماء فيذوب ويتكون محلول النشادر

وسنرى فيما بعد أن كبريتات الأمونيوم المحضرة بهذه الطريقة تستخدم كسماد نيتروجينى .

صفات النشادر وخواصه

تدريب ٥

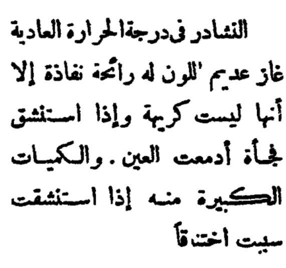
استحضر ورقة عباد شمس حمراء مندة بالماء وقربها من مخبار مملوء بالغاز تجدها تزرق دليلا على أن محلول الغاز فى الماء له تأثير قلوى

خذ مخباراً مملوءاً بالغاز ونكسه فى حوض به ماء وأزح عنه الغطاء تجد الماء يرتفع بسرعة فى المخبار حتى يكاد يملأه (شكل ٦٦)

شكل (٦٦)

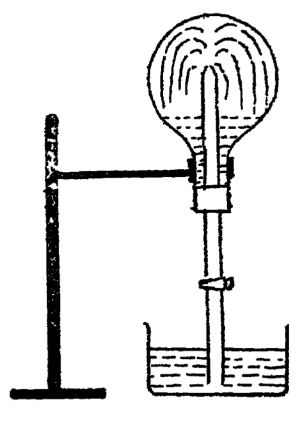
تدريب ٦*

خذ دورقاً مملوءاً بالغاز وسده بسداد تنفذ منه أنبوبة طرفها الداخلى مدبب وفى طرفها الخارجى صنبور ثم ضع الطرف الخارجى للأنبوبة فى حوض به ماء ملون بصبغة عباد الشمس (شكل ٦٧) وافتح الصنبور تجد أن الماء يندفع فى الدورق بسرعة ويخرج من الطرف المدبب على شكل نافورة ويتلون بلون أزرق .



النشادر فى درجة الحرارة العادية غاز عديم اللون له رائحة نفاذة إلا أنها ليست كريهة وإذا استنشق فجأة أدمعت العين . والكميات الكبيرة منه إذا استنشقت سببت اختناقاً

والنشادر أخف من الهواء ولذا يمكن جمعه بازاحة الهواء إلى أسفل



(شكل ٦٧)

وهو أشد الغازات غير العضوية قابلية للذوبان فى الماء فالحجم الواحد من الماء يذيب ١٢٨٩ حجما من الغاز فى درجة الصفر والضغط المعتاد ٧١٠ حجماً فى درجة ٢٠°م . ومحلول النشادر فى الماء أخف من الماء نفسه . ويباع « النشادر المركز » بشكل محلول متشبع بالغاز ثقله النوعى ٠٫٨٨٤ . ويحوى ٠,٣٦ من وزنه من الغاز الذى يمكن طرده منه بأجمعه بالغليان

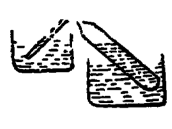
وعند إذابة النشادر فى الماء تنبعث كميات كبيرة من الحرارة كذلك عند طرد النشادر من محلوله بغير التسخين تهبط درجة الحرارة كثيراً ويمكن إثبات ذلك بالتدريب الآتى :

تدريب ٧*

ضع بعضاً من محلول النشادر فى كأس وضع الكأس فوق قطرات من الماء تصبها فوق قطعة من الخشب ثم أمرر تياراً من الهواء فى الكأس يتصاعد الغاز بسرعة ويشاهد تجمد الماء بين الكأس والخشب

إسالة النشادر :

إذا اشتد الضغط الواقع على النشادر تحول إلى سائل عديم اللون فاذا أزيح الضغط عنه فجأة تحول السائل إلى غاز مرة أخرى. والنشادر من الغازات التى تسهل إسالتها بتأثير الضغط الواقع منها على نفسها فاذا وضع محلول متشبع بالنشادر فى أنبوبة على شكل العدد ٨ ثم لحم الطرف الآخر وغمس فى مخلوط مبرد من الجليد وكلوريد الكالسيوم ثم سخن النشادر تسخيناً هيناً تصاعد الغاز وتراكم فى الجزء البارد من الأنبوبة فيزداد ضغطه فيتكشف بتأثير الضغط والتبريد ويتحول إلى سائل عديم اللون (شكل ٦٨) والنشادر الجاف يتحول إلى سائل عديم اللون إذا كان فى درجة الصفر وتحت ضغط يعادل الضغط الجوى

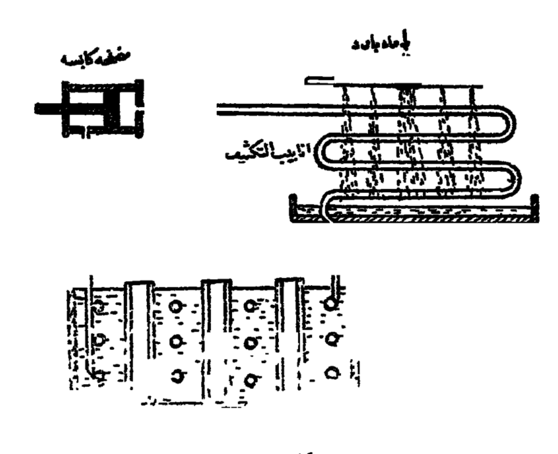


شكل (٦٨)

عمل الثلج :

عند ما يتكثف النشادر يفقد كميات من الحرارة وبالعكس إذا تبخر النشادر السائل احتاج إلى مقدار كبير من الحرارة قد يأخذه من المواد المحيطة به . ويستفاد من هذه الحقيقة فى صناعة الثلج ولهذا الغرض يستعمل الجهاز المبين (بشكل ٦٩) فيضغط النشادر فى أنابيب التكثيف بواسطة آلة كابسة فيتكاثف ويضيع ما يتولد منه من الحرارة بواسطة الماء البارد المتدفق فوق الأنابيب . ثم يدخل النشادر السائل فى أنابيب يحيط بها ماء ملح تسمى

« أنابيب التمدد » (مبينة فى الشكل بدوائر صغيرة) وفيها يكون الضغط قد أزيح عن النشادر فيتبخر سريعاً ويمتص ما يحتاجه من الحرارة من الماء الملح فتنخفض درجة حرارته إلى تحت الصفر ثم يرفع النشادر بواسطة المضخة ويعاد إلى أنابيب التكثيف حيث يعاد تكثيفه وهكذا تتكرر العملية . فاذا وضع فى الماء الملح أحواض صغيرة مملوءة بالماء فان الماء فيها يتجمد ويتحول إلى ثلج



شكل (٦٩)

ويستعمل هذا الجهاز أيضاً فى تبريد القاعات المعدة لخزن المأكولات التى تحتاج لدرجة حرارة منخفضة والتى تتلف بارتفاع درجة حرارتها مثل اللحوم والطيور المذبوحة وغيرها ويمثل (شكل ٧٠) منظر قاعة لتبريد اللحوم

تأكسد النشادر

لا يحترق النشادر فى الهواء ولا يساعد على الاحتراق العادى ولكنه يحترق فى جو من الأوكسيجين ويمكن إثبات ذلك مما يأتى : —

٨ *

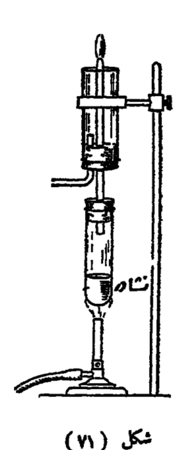
استحضر زجاجة أسطوانية مفتوحة الطرفين وجهزها بســـداد تنفذ منه أنبوبتان إحداهما متصلة بجهاز توليد الأوكسيجين والأخرى بجهاز توليد



شكل (١٧٠)

النشادر (شكل ٧١) أرسل فى الاسطوانة تيارا من الأوكسيجين ثم تيارا من النشادر وقرب من فوهة أنبوبة النشادر لهب شمعة موقدة تجد الغاز المتصاعد منها يحترق بلهب أصفر.

كذلك يفرقع مزيج النشادر والأوكسيجين إذا قرب منه لهب وتكون نتيجة للتفاعل انفراد النيتروجين كما تدل عليه المعادلة : —



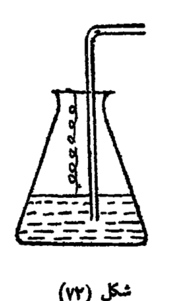
شكل (٧١)

$$٤\,ن\,يد_{٣} + ٣\,أ_{٢} = ٦\,يد_{٢}أ + ٢\,ن_{٢}$$

وقد دلت التجارب على أن وجود البلاتين يساعد كثيراً على تأكسد النشادر بالأوكسيجين ويظهر هذا من التدريب الآتى : —

٩*

خذ دورقا من الزجاج وضع فيه محلولا مركزاً من النشادر وعلق فيه سلكا رفيعاً من البلاتين على شكل حلزون بعد أن تسخنه لدرجة الاحمرار (شكل ٧٢) ثم أمرر فى المحلول تياراً بطيئاً من الأوكسيجين تلاحظ حدوث تفاعل شديد يرفع حرارة البلاتين إلى درجة الاحمرار وتظهر فى الدورق أبخرة حمراء من فوق أوكسيد النيتروجين (ز أ$_{٢}$) ناتجة من تأكسد النشادر.



شكل (٧٢)

كذلك إذا أمر مزيج النشادر والهواء فى أنبوبة مسخنة محتوية على الحرير الصخرى الملتن تأكسد النشادر وتحول إلى حامض النيتريك

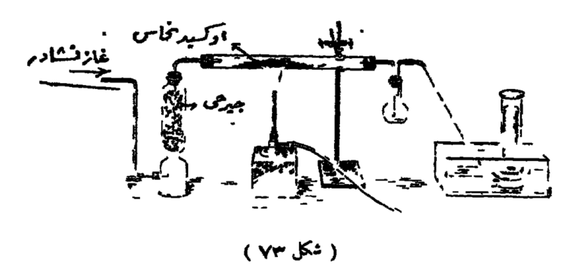
$$ن\,يد_{٣} + ٢\,أ_{٢} = يد_{٢}أ + يد\,ن\,أ_{٣}$$

فعل النشادر فى الاختزال

لما كان للنشادر ميل للاتحاد بالأوكسيجين فانه يستطيع أن ينتزع هذا العنصر من بعض مركباته فيختزله ويتضح هذا من التدريب الآتى : —

تدريب ١٠

استحضر أنبوبة زجاجية مفتوحة الطرفين وضع فيها قليلا من أوكسيد النحاس الأسود المحبب وصل أحد طرفيها بجهاز توليد النشادر الجاف والطرف الآخر بدورق صغير متصل بجهاز جمع الغازات فوق الماء (شكل ٧٣)



(شكل ٧٣)

سخن الأوكسيد لدرجة الاحمرار وابعث فى الأنبوبة تيارا من غاز النشادر الجاف وبعد أن يطرد كل الهواء اجمع ما يخرج من الغاز فى مخبار فوق الماء وتبين ذاتية هذا الغاز تجده نيتروجينا. راقب ما يحدث فى الدورق تلاحظ تكون سائل عديم اللون إذا تبينته وجدته الماء. لاحظ كذلك ما يحدث لأوكسيد النحاس تجد جزءاً منه قد تحول إلى نحاس فلزى.

فالنشادر قد اختزل أوكسيد النحاس وحوله إلى نحاس أما الغاز نفسه فقد تأكسد إلى أزوت ولا شك أن الماء قد تكون من اتحاد الأوكسجين الذى فقده أوكسيد النحاس بالايدروجين المأخوذ من النشادر ويمثل هذا التفاعل بالمعادلة :—

٢ نيد$_٣$ + ٣ نح ا = ٣ يد$_٢$ ا + ٣ نح +

ملاحظة

يثبت هذا التدريب أيضاً أن النشادر يحتوى على النيتروجين والايدروجين

فعل النشادر فى الماغنيسيوم

إذا أمر النشادر فى أنبوبة محتوية على برادة الماغنيسيوم ثم سخنت تكونت مادة تسمى نيتريد الماغنيسيوم

٢ ن يد$_{٣}$ + ما = ما$_{٣}$ن$_{٢}$ + ٣ يد$_{٢}$

ونيتريد الماغنيسيوم هو المادة التى تتكون أيضاً عندما يحترق المغنسيوم فى جو من النيتروجين ومن صفاته أنه يتفاعل مع الماء بسرعة منتجاً غاز النشادر

ما$_{٣}$ ن$_{٢}$ + ٦ يد$_{٢}$ ا = ٣ ما (ا يد)$_{٢}$ + ٢ ز يد$_{٣}$

ومن المنتظر أن يستخدم هذا التفاعل فى المستقبل لتجهيز النشادر للتجارة

تفاعل النشادر والكلور

يتفاعل النشادر والكلور تفاعلا شديداً لأن الأول عامل اختزال والثانى عامل تأكسد وفى أثناء التفاعل يتأكسد النشادر إلى نيتروجين ويختزل الكلور إلى كلوريد الايدروجين ثم يتحد الأخير بالنشادر منتجاً كلوريد الأمونيوم

٨ ن يد$_{٣}$ + ٣ كل$_{٢}$ = ٦ ن يد$_{٤}$ كل + ن$_{٢}$

ويحدث هذا التفاعل إذا أمر تيار بطىء من الكلور فى محلول مشبع من النشادر كما ذكرنا قبلا

محلول النشادر قاعدة

تدريب ١١ :

عرض ورقة عباد شمس حمراء جافة لغاز النشادر الجاف تجدها لا تتأثر

اختبر تأثير محلول النشادر فى ورقة عباد شمس حمراء تجدها تتلون بلون أزرق

تدريب ١٢ :

ضع فى كأس بعضاً من محلول النشادر واجعل حامض الايدروكلوريك يسح عليه من سحاحة واختبر المزيج ما بين آن وآخر بورق عباد الشمس

تجد أن التأثير القلوى يتناقص شيئاً فشيئاً حتى يتلاشى لأن الحامض يتعادل مع محلول النشادر

عند تمام التعادل بخر المحلول تحصل على مادة بيضاء إذا اختبرتها وجدتها من أملاح حامض الأيدروكلوريك واسمها كلوريد الأمونيوم

النشادر الجاف ليس له تأثير على عباد الشمس ولكن محلول النشادر فى الماء له تأثير كتأثير القلويات فهو يلون عباد الشمس بلون أزرق ويتعادل مع الحوامض مكوناً أملاحها فهو من هذه الناحية يشبه ايدروكسيدى الصوديوم والبوتاسيوم ولهذا فان من المعتقد الآن أن محلول النشادر يحوى مركباً يشبه هذين القلويين فى تركيبه ويرمز لهذا المركب بالقانون (ن يد$_{4}$ ا يد) ويسمى « ايدروكسيد الأمونيوم » ويتكون هذا المركب من اتحاد جزىء من النشادر بآخر من الماء كما يظهر من المعادلة ن يد$_{3}$ + يد$_{2}$ا = ن يد$_{4}$ ا يد

ولا يوجد هذا المركب إلا فى محلول النشادر فلا يمكن استخلاصه من المحلول بالبخر لأنه ينحل بسرعة فيتطاير غاز النشادر ويبقى الماء

ووجود هذا المركب فى محلول النشادر هو الذى يكسبه الخواص القلوية فعندما يتفاعل مع الحوامض تحل مجموعة الأمونيوم (ن يد$_{4}$) محل ايدروجين الحامض فتتكون أملاح الأمونيوم كما تتكون أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم من تعادل الصودا الكاوية أو البوتاسا الكاوية مع الحوامض

ويتضح ذلك من المقارنة الآتية : —

ايدروكسيد صوديوم + حامض ايدروكلوريك = كلوريد صوديوم + ماء

ص ا يد + يد كل = ص كل + يد$_{2}$ ا

ايدروكسيد امونيوم + حامض ايدروكلوريك = كلوريد امونيوم

ن يد$_{4}$ ا يد + يد كل = ن يد$_{4}$ كل + يد

ايدروكسيد بوتاسيوم + حامض كبريتيك = كبريتات البوتاسيوم الايدروجينى + ماء

بو ا يد + يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = بو يد كب ا$_{٤}$ + يد$_{٢}$ ا

ايدروكسيد امونيوم + حامض كبريتيك = كبريتات الأمونيوم الايدروجينى + ماء

ن يد$_{٤}$ ا يد + يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ن يد$_{٤}$ يد كب ا$_{٤}$ + يد$_{٢}$ ا

والنشادر الجاف لا يعتبر قاعدة لأن القاعدة هى التى تتفاعل مع الحامض وينتج عنها ملح وماء فمثلا أوكسيد الماغيسيوم قاعدة لأنه يتفاعل مع حامض الايدروكلوريك فينتج كلوريد الماغنيسيوم وماء

ما ا + ٢ يد كل = ما كل$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا

أما النشادر الجاف فانه يتحد مباشرة مع الحامض ويتكون ملح فقط فمثلا يتحد النشادر مع كلوريد الايدروجين ولا يتكون سوى كلوريد الأمونيوم

ن يد$_{٣}$ + يد كل = ن يد$_{٤}$ كل

ويمكن اعتبار النشادر الجاف « انديد قاعدة » أما محلوله فى الماء فقاعدة

استعمالات النشادر

يستعمل النشادر فى عمل الثلج وفى تحضير كربونات الصوديوم بطريقة سلفاى وفى التنظيف لأنه يذيب المواد الدهنية . ويستخدم فى المعامل لتحضير أملاح الأمونيوم بتعادله مع الأحماض وفى ترسيب بعض الايدروكسيدات التى لا تذوب فى الماء كايدروكسيدات الحديد والخارصين والماغنيسيوم

تمرين ١٣*

أضف محلول النشادر إلى محلول كلوريد الحديديك يظهر راسب أحمر هو ايدروكسيد الحديديك

ح كل ٣ + ٣ ن يد ٤ ا يد = ح (ا يد) ٣ + ٣ ن يد ٤ كل

أملاح الأمونيوم

جميع أملاح الأمونيوم قابلة للذوبان فى الماء ويمكن استحضارها عادة بتعادل محلول النشادر مع الأحماض أو بامرار غاز النشادر فى الأحماض وسنتكلم فيما يأتى على أهم أملاح الأمونيوم

كلوريد الأمونيوم (Ammonium Chloride)

يتكون هذا الملح عند ما يتفاعل حامض الايدروكلوريك مع النشادر

ن يد ٣ + يد كل = ن يد ٤ كل

فاذا غمس طرف قضيب من الزجاج فى محلول النشادر ثم قرب من حامض الايدروكلوريك ظهرت سحب بيضاء من كلوريد الأمونيوم .

وإذا نكس مخبار مملوء بكلوريد الايدروجين فوق آخر مملوء بغاز النشادر تكون كلوريد الأمونيوم بشكل سحب بيضاء لا تلبث أن ترسب على جوانب المخبارين (شكل ٧٤) .

وإذا تعادل حامض الايدروكلوريك مع محلول النشادر وبخر المحلول ببطء لدرجة الجفاف تخلفت مادة بيضاء متبلرة هى كلوريد الأمونيوم .

يد كل + ن يد ٤ ا يد = ن يد ٤ كل + يد ٢ ا

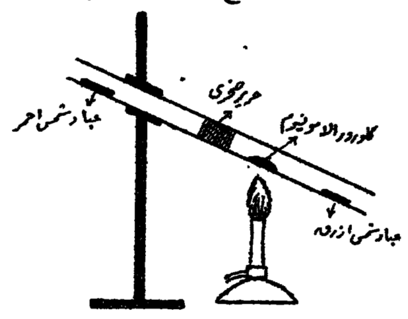
ويحضر كلوريد الأمونيوم للتجارة بامرار غاز النشادر فى حامض الايدروكلوريك المخفف ثم تبخير المحلول لدرجة الجفاف

شكل (٧٤)

واذا سخن كلوريد الأمونيوم فانه يتسامى (Sublimes) بعد أن ينحل إلى غازين هما النشادر وكلوريد الايدروجين ولاثبات هذا الانحلال يعمل التدريب الآتى : —

تجربة ١٤ *

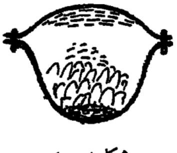
خذ أنبوبة زجاجية متينة مفتوحة الطرفين واحشها عند منتصفها بجزء من الحرير الصخرى وثبتها فى وضع مائل كما ترى فى (شكل ٧٥) ثم ضع



شكل (٧٥)

بالقرب من طرفها الأسفل كمية من كلوريد الأمونيوم وضع عند هذا الطرف ورقة عباد شمس زرقاء وعند الطرف الأعلى ورقة عباد شمس حمراء ثم سخن كلوريد الأمونيوم تجد أن ورقة عباد الشمس الحمراء تزرق والورقة الزرقاء تحمر .

وتعليل هذا هو أن كلوريد الأمونيوم ينحل بالحرارة فيتكون غاز النشادر وكلوريد الأمونيوم وبما أن غاز النشادر أخف الغازين فانه يكون أسرع فى الانتشار خلال الحرير الصخرى فتزيد نسبته فى الجزء الأعلى من الأنبوبة وتزرق ورقة عباد الشمس . ويحدث عكس ذلك فى الجزء السفلى إذ تزيد نسبة كلوريد الايدروجين فتحمر الورقة



شكل (٧٦)

ويستخدم انحلال كلوريد الأمونيوم بالحرارة فى تنقيته للتجارة فتسخن العينة غير النقية فى إناء كبير مقفل مصنوع من الفخار أو الحديد وله غطاء مقوس كما فى (شكل ٧٦) فينحل الملح بالحرارة.

ويتصاعد منه النشادر وكلوريد الايدروجين وعند ما يصل هذان الغازان إلى الجزء العلوى من الأناء يبردان فيتحدان ويتكون منهما كلوريد الأمونيوم الذى يرسب على السطح الداخلى للغطاء بشكل بلورات بيضاء نقية أما المواد الغريبة فانها تبقى فى الاناء دون أن تتسامى .

ويستخدم كلوريد الأمونيوم فى عملية لصق المعادن باللحام لأن الغازين الناتجين من انحلاله يحجبان المعدن عن الهواء أثناء التسخين فلا يتأكسد كما أن كلوريد الايدروجين يزيل ما قد يكون على سطح المعدن من الأكاسيد قبل عملية اللحم

ويذوب كلوريد الأمونيوم فى الماء بسرعة وتنخفض درجة الحرارة أثناء ذوبانه فيبرد الماء

ويستعمل كلوريد الأمونيوم فى شحن عمود لكلانشيه وفى صناعة الأصباغ وفى طبع الألوان على الشيت

كبريتات الأمونيوم (ن يد$_{٤}$)$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ (Ammonium Sulphate)

يستحضر هذا الملح للتجارة من السائل النشادرى الناتج من تقطير الفحم الحجرى بالطريقة التى سبق شرحها فى تحضير النشادر للتجارة

ويجهز فى المعمل بتعادل حامض الكبريتيك المخفف مع محلول النشادر أو بامرار غاز النشادر فى الحامض ثم يبخر المحلول ببطء فيظهر فيه الملح على شكل بلورات بيضاء

ويستخدم هذا الملح فى تحضير النشادر للتجارة وفى تحضير بعض مركبات الأمونيوم . وأهم فوائده هى استعماله كسماد يغذى النبات بالنيتروجين اللازم لنموه

وينحل كبريتات الأمونيوم بالحرارة فيتصاعد غاز النشادر ويتخلف كبريتات الأمونيوم الايدروجينية

(ن يد$_{٤}$)$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ن يد$_{٣}$ + ن يد$_{٤}$ يد كب ا$_{٤}$ وإذا ارتفعت درجة الحرارة زاد انحلال الملح فنتج عنه النشادر والأزوت وثانى أوكسيد الكبريت وبخار الماء

٣ (ن يد$_{٤}$)$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ٣ كب ا$_{٢}$ + ٦ يد$_{٢}$ ا + ٤ ن يد$_{٣}$ + ن$_{٢}$

وهو قابل للذوبان في الماء ويذوب في كل ١٠٠ جزء من الماء ٥٠ جزءا من الملح

فعل الحرارة فى أملاح الأمونيوم : تتحل أملاح الأمونيوم بالحرارة والملاحظات الآتية عن هذا الانحلال جديرة بالعناية : —

أولا : المواد الناتجة من الانحلال كلها غازات

ثانيا : يحدث الانحلال بسرعة ولا يحتاج لدرجة حرارة مرتفعة سواء أكان الملح صلباً أم فى شكل محلول وقد يتفكك الملح من نفسه فى درجة الحرارة العادية كما هو الحال فى كربونات الأمونيوم

ثالثا : تختلف نتائج الانحلال باختلاف الملح فمثلا : —

كلوريد الأمونيوم	ينتج عنه	نشادر وكلوريد الايدروجين
نيتريت الأمونيوم	« «	نيتروجين وبخار الماء
نيترات	« « «	أوكسيد النيتروز وبخار الماء
وكبريتات	« « «	نشادر ونيتروجين وثانى أوكسيد الكبريت وبخار الماء

وكربونات الأمونيوم ينتج عنه نشادر وثانى أوكسيد الكربون وبخار الماء

رابعا : فى بعض الحالات تتحد المواد الناتجة من الانحلال عند ما تبتعد عن منطقة التسخين وينتج من اتحادها الملح نفسه وتحدث هذه الظاهرة عند تفكك كلوريد الأمونيوم

انحــــلال النشــادر

إذا وضع غاز النشادر فى ايديومتر منكس فوق الزئبق وأمرت فيه شرارات كهربائية انحل الغاز إلى نيتروجين وايدروجين ويقف الانحلال عندما ينحل ٩٨ ٪ من الغاز

$$٢\ ن\ يد_{٣} = ٣\ يد_{٢} + ن_{٢}$$

وإذا أمرت شرارات كهربائية فى مزيج النيتروجين والايدروجين تكون ٢ ./. فقط من النشادر وبقى ٩٨ ./. من المزيج دون اتحاد غير أنه إذا كان الإيديومتر منكسا فوق سائل يمتص النشادر كالماء أو الأحماض فان النشادر المتكون يزول بسرعة من دائرة التفاعل ويتكون مقدار آخر ليحل محله ويحفظ التوازن بين الغازات المتفاعلة وناتج الاتحاد ، وهذا القدر يزول أيضا بتأثير الماء أو الحامض وبتكرار هذه العملية يتم الاتحاد بين الغازين . وفى هذا ما يثبت أن النشادر لا يتكون إلا من نيتروجين وايدروجين

تركيب غاز النشادر

علمنا أن غاز النشادر يحوى غازين هما النيتروجين والايدروجين وبما أنه يمكن تكوينه بامرار الشرر الكهربى فى مزيج من هذين الغازين فهو لا شك يتكون منهما فقط . ويمكن تعيين نسبة تكوينه منهما بعده طرق نذكر منها ما يأتى : —

الطريقة الاولى : التركيب الوزنى

يمرر غاز النشادر فى أنبوبة جافة تحوى أوكسيد النحاس فيتحول ايدروجين النشادر إلى ماء يمكن جمعه فى أنابيب تحوى مواد تمتصه كالصودا الكاوية ، أما النيتروجين المنفصل فيجمع ويعلم حجمه ويعدل هذا الحجم ليصير فى درجة الصفر وضغط ٧٦ سم من الزئبق ثم يحتسب وزن هذا الحجم باعتبار الكثافة النسبية للنيتروجين ١٤ (أى أن وزن اللتر منه ١٤ × ٠٫٠٩ جم) ثم يقدر وزن الايدروجين من وزن الماء الحادث فيرى أن النسبة بين وزن الايدروجين ووزن النيتروجين فى النشادر هى ٣ : ١٤

الطريقة الثانية : التركيب الحجمى

أساس هذه الطريقة أن غاز الكلور يؤثر فى غاز النشادر فينتزع منه الايدروجين مكوناً كلوريد الايدروجين ويترك النيتروجين خالصاً . وقد وجد أن لكل ثلاثة حجوم تستعمل من الكلور ينفرد حجم واحد

من النيتروجين ولما كان الايدروجين والكلور يتحدان بنسبة ١ : ١ بالحجم فينتج أن كل ثلاثة حجوم من الايدروجين فى النشادر متحدة بحجم واحد من النيتروجين أى أن النشادر يتكون من اتحاد الايدروجين والنيتروجين بنسبة ٣ : ١ بالحجم . والتدريب الآتى يبين طريقة العمل لاثبات ذلك

تدريب ١٥ :

خذ أنبوبة طويلة من الزجاج مقفلة من أحد طرفيها وقسم فراغها إلى ثلاثة أقسام متساوية وعلم الأقسام بحلقات من المطاط (شكل ٧٧) ثم املأها بغاز الكلور (فوق محلول مركز لملح الطعام) وسد الأنبوبة بسداد محكم ينفذ منه قمع من الزجاج له صنبور .

املأ القمع بمحلول مشبع من غاز النشادر ، وثبت الأنبوبة فى وضع رأسى وافتح الصنبور قليلا بحيث يهبط المحلول من القمع قطرات فى الأنبوبة ، تشاهد أن القطرات الأولى تتفاعل بشدة مع الكلور ويصحب ذلك لهب أخضر ذو اصفرار . وكلما زاد المحلول فى الأنبوبة تكونت فيها أبخرة بيضاء متكاثفة هى كلوريد الايدروجين

شكل (٧٧)

وحينما يخلو القمع من محلول النشادر املأه بحامض ايدروكلوريك مخفف . وأدخله فى الأنبوبة تدريجاً ليتحد بما يفيض فيها من النشادر . فيتخلف فى الأنبوبة غاز نيتروجين فى ضغط خفيف . ولجعل ضغطه مساوياً للضغط الجوى املأ القمع بالحامض وصله من أعلى بأنبوبة زجاجية على شكل زاويتين قائمتين مملوءة بنفس الحامض ومنغمر طرفها الثانى فى كأس به حامض أيضاً (كما ترى فى الشكل) وافتح الصنبور فيسيل الحامض من الكأس فى الأنبوبة برهة ثم ينقطع جريانه عند ما يتساوى ضغط النيتروجين وضغط الجو . وعند ذلك ترى أن السائل يملأ من الأنبوبة الطويلة ثلثيها

بمعنى أن غاز النيتروجين يملأ ثلثها فقط .

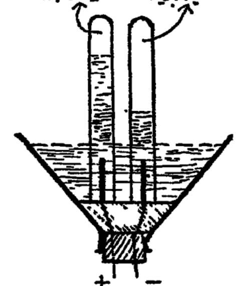
بما أنه قد بدىء بثلاثة حجوم من الكلور فبدهى أن هذه الحجوم الثلاثة قد اتحدت بثلاثة حجوم مثلها من الايدروجين . وحيث إنه قد تخلف من النشادر حجم واحد من النيتروجين فانه يستنتج أن مقدار النشادر الذى تحلل بتأثير الكلور يحتوى على الايدروجين والنيتروجين بنسبة ٣ : ١ بالحجم

الطريقة الثالثة : التركيب الحجمى

يمكن الوصول إلى النتيجة السابقة بتحليل محلول مشبع بغاز النشادر فى فلولتامتر له ساريتان من الكربون أو البلاتين ، فيرى أن غازين يتجمعان فى شعبتى الفولتامتر أحدهما أيدروجين (عند السارية السالبة) والآخر نيتروجين (عند السارية الموجبة) ، ويلاحظ أن حجم الأول ثلاثة أمثال حجم الثانى

تدريب ١٦*

حضر محلولا مشبعاً بملح الطعام، وأضف إليه عشر حجمه من محلول مركز بغاز النشادر واملأ بهذا المزيج فولتامترا له ساريتان من الكربون (شكل ٧٨) وابعث فى الفولتامتر تياراً كهربائياً من بطارية تتكون من خمسة أو ستة أعمدة . لاحظ تجمع غازى النيتروجين والأيدروجين فى شعبتى الفولتامتر وأن حجم الأول ثلث حجم الثانى



شكل (٧٨)

ملاحظتان :

الأولى : من التركيب الحجمى للنشادر يمكن استنتاج التركيب الوزنى له فبما أن الكثافة النسبية للنيتروجين ١٤ ، وبما أن نسبة تكوين النشادر

بالحجم هى ٣ : ١ من الأيدروجين والنيتروجين

∴ نسبة تكوين النشادر بالوزن = (٣×١) : (١×١٤) = ٣ : ١٤

بمعنى أن كل ٣ أجزاء بالوزن من الأيدروجين تتحد مع ١٤ جزءا بالوزن من النيتروجين فيحدث عنها ١٧ جزءا بالوزن من النشادر، وهذه النتيجة تتفق مع نتيجة الطريقة الأولى.

الثانية : يستخلص من تطبيق فرض افوجادرو على نتيجة التركيب الحجمى للنشادر ما يأتى :

الجزيئان من النشادر يتكونان من ذرتين من النيتروجين وثلاثة جزيئات من الايدروجين أو أن ٢ جزىء من النشادر يتكونان من ذرتين من النيتروجين و ٦ ذرات من الايدروجين أى أن جزيئاً من النشادر يتكون من ذرة من النيتروجين و ٣ ذرات من الايدروجين

∴ القانون الجزىء للنشادر هو ن يد $_3$

محلول نسلر (Nessler's solution)

يستعمل هذا المحلول للكشف عن أملاح الأمونيوم وعن غاز النشادر نفسه ويحضر بالطريقة الآتية : —

تدريب ١٧*

ضع فى أنبوبة اختبار قليلا من محلول كلوريد الزئبقيك وأضف إليه باحتراس بضع قطرات من محلول يوديد البوتاسيوم يتكون راسب أصفر لا يلبث أن يتلون بلون أحمر هو لون يوديد الزئبقيك.

أضف بضع قطرات أخرى من محلول يوديد البوتاسيوم ورج المزيج وكرر هذه العملية حتى تجد أن الراسب يزول تماماً ويصفو السائل أضف لهذا السائل قليلا من محلول البوتاسا الكاوية تحصل على محلول نسلر

وهذا المحلول شديد الاحساس إذ بوساطته يمكن كشف الآثار الصغيرة من النشادر أو أملاحه فاذا أضفت بضع قطرات منه إلى محلول النشادر أو

محلول ملح نشادرى تلون بلون أصفر أو أسمر وقد يظهر فيه راسب أسمر إذا كانت كمية النشادر أو الملح كبيرة

الكشف عن النشــادر وأملاحه :

يمكن تمييز غاز النشادر بما يأتى : —

١ — رائحته المعروفة

٢ — تأثيره فى ورقة عباد الشمس الحمراء إذ يلونها بلون أزرق

٣ — إذا عرض له طرف قضيب زجاجى مغمـــوس فى حامض الايدروكلوريك ظهرت سحب بيضاء

٤ — لا يحترق فى الهواء وهذا يميزه عن بعض مركباته العضوية الدهنية التى تشترك معه فى كثير من خواصه

وأملاح الأمونيوم كلها قابلة للدوبان فى الماء ومحاليلها متعادلة التأثير فى صبغة عباد الشمس . وهذه الأملاح أو محاليلها تنحل بسرعة بتأثير الحرارة

ويكشف عن أملاح الأمونيوم بإحدى الطريقتين الآتيتين : —

١ — إذا أضيفت بضع قطرات من محلول نسلر إلى محلول مخفف جداً لملح من أملاح الأمونيوم ظهر فيه لون أصفر ويقتم الصفرة تبعاً لدرجة تركز المحلول .

٢ — إذا عولجت أملاح الأمونيوم بالصودا الكاوية أو البوتاسا الكاوية أو الجير تصاعد غاز النشادر الذى يمكن تمييزه بالطرق المذكورة سابقاً

ضع قليلا من محلول كلوريد الأمونيوم ، ثم ضع [illegible] فى أنبوبة اختبار ، وأضف إليه محلول الصودا الكاوية ثم سخن الأنبوبة — تلاحظ خروج غاز النشادر

[illegible] يد٤ كل — ص [illegible] = ص كل — [illegible] — [illegible]

أسئلة

١ — كيف يمكنك تحضير النيتروجين من مركبات نيتروجينية وكيف تجمعه بحيث يكون جافا وغير مختلط بالهواء ؟

٢ — اذكر أربع حالات يتولد فيها غاز النشادر

٣ — اشرح طريقة استحضار غاز النشادر فى المعمل وارسم الجهاز الذى تستخدمه

٤ — كيف تثبت بالتجربة (أولا) أن النشادر كثير الذوبان فى الماء (ثانيا) أن محلول النشادر فى الماء قاعدة ؟

٥ — كيف يستخدم النشادر فى عمل الثلج

٦ — اشرح تجربة يحترق فيها النشادر

٧ — صف تجربة تبين بها أن النشادر عامل اختزال

٨ — ما تأثير النشادر فى الماغنيسيوم والكلور

٩ — اضرب ثلاثة أمثلة تبين بها كيف يستخدم محلول النشادر فى تحضير الايدروكسيدات

١٠ — ما تأثير الحرارة فى كل من المواد الآتية :—

(١) كلوريد الأمونيوم (٢) نيتريت الأمونيوم
(٣) كبريتات الأمونيوم (٤) نيتريت الأمونيوم

١١ — اثبت بالتجربة أن كلوريد الأمونيوم يتفكك بالحرارة

١٢ — إذا أعطيت ملحاً مذاباً فى الماء فكيف تثبت انه من أملاح الأمونيوم

١٣ — اشرح كيف تستخدم النشادر فى الحصول على بلورات من

(١) كلوريد الأمونيوم (٢) نيترات الأمونيوم
(٣) كبريتات الأمونيوم . اذكر فوائد هذه الأملاح

١٤ — اشرح أهمية النيتروجين فى الحياة

١٥ — اشرح تجارب تثبت بها أن غاز النشادر أخف من الهواء وأنه سريع الذوبان فى الماء

١٦ — وازن بين محلول ايدروكسيد الأمونيوم ومحلول ايدروكسيد الصوديوم

١٧ — كيف تثبت بالتجربة أن النشادر يحوى الايدروجين والنيتروجين؟

الباب الثاني عشر

حامض الأزوتيك

أو حامض النيتريك (Nitric Acid)

قانونه يدن ا٣ (HNO_3) ، وزنه الجزيئى ٦٣

النيترات الطبيعية

أهم النيترات الطبيعية نيترات الصوديوم ونيترات البوتاسيوم ويوجد الأول (فى صحور الكاليش Caliche) منتشراً فى بلاد شيلى وبيرو وبوليفيا ويسمى فى التجارة باسم ملح بارود شيلى (شكل ٧٩) (Chili Saltpetre)

ولنيترات الصوديوم أهميــة كبرى فى الزراعة لأنه يستعمل كسماد لتغذية النبات بما يحتاجه من النيتروجين . وهو يصدر من شيلى إلى أغلب أقطار العالم ويبلغ ما يصدر منه سنويا ثلاثة ملايين من الأطنان تقريباً



شكل (٧٩) رواسب أزوتات الصوديوم فى شيلى

ولما كان نيترات الصوديوم هو أكثر النيترات وجودا فى الطبيعة فانه يستخدم فى تحضير حامض النيتريك وأملاحه وكذلك حامض الكبريتيك .

ويستخلص هذا الملح من الكاليش باذابته فى الماء وترك المحلول يتبلور فينفصل منه نيترات الصوديوم ويحتوى السائل المتخلف على ايودات الصوديوم التى تستخدم فى استحضار اليود

ويوجد نيترات البوتاسيوم طبيعيا على سطح الأرض بشكل أبيض لامع وذلك فى بعض البلاد الحارة كالهند والعجم ومصر وبلاد العرب وهو يسمى فى التجارة باسم ملح البارود (Saltpetre or Nitre)

ويتكون نيترات البوتاسيوم أحياناً على سطح التربة الزراعية ويرجع السبب فى تكونه الى فعل الحرارة والهواء بمساعدة أنواع من البكتريا وتتلخص طريقة تكوينه فيما يأتى : —

١ — عند ما تتعفن المواد العضوية المحتوية على نيترات تتحول بفعل البكتريا الى نشادر

٢ — يتأكسد النشادر بفعل نوع آخر من البكتريا الى حامض نيتروز ٣ ن يد$_3$ + ٦ ا = ٣ يد ن ا$_2$ + ٣ يد$_2$

٣ — يتحول حامض النيتروز إلى حامض النيتريت بتأثير نوع ثالث من البكتريا ٢ يد ن ا$_2$ + ا$_2$ = ٢ يد ن ا$_3$

٤ — يتفاعل حامض النيتريك مع أملاح البوتاسيوم الموجودة فى التربة فيتكون نيترات البوتاسيوم

وليس من الضرورى أن تحدث هذه التغيرات فى الطبيعة بالترتيب المتقدم . إذ قد يتفاعل بعض من حامض النيتروز مع أملاح البوتاسيوم مكوناً نيتريت البوتاسيوم الذى يتأكسد إلى نيترات البوتاسيوم

ويستخلص ملح البارود من الأتربة التى يكون مختلطاً بها بأن يجرف من سطح الأرض ويذاب فى الماء ثم يرشح المحلول ويبخر الرشيح فيتبلور فيه الملح

ويكثر وجود نيترات البوتاسيوم فى البنجاب (الهند) وخاصة بالقرب من البلاد التى ليس بها مجار عمومية حيث يستطيع البول والمواد العضوية الأخرى أن تتسرب إلى سطح الأرض وهناك يتكون نيترات البوتاسيوم بتأثير البكتريا غير أنه فى هذه الحالة يكون التحول سريعاً نظراً لوجود النشادر فى البول

ويتكون أحياناً نيترات الكالسيوم فى الأماكن التى لا يتجدد فيها الهواء كالأقبية فيشاهد على الجدران بشكل قشر لامع أبيض ولا ريب أنه ناتج من تكون حامض النيتريك وتفاعل هذا الحامض مع ايدروكسيد الكالسيوم الموجود فى الملاط

فعل حامض الكبريتيك فى ملح البارود

تدريب ١

خذ قليلا من ملح البارود فى أنبوبة اختبار وغش الملح بحامض الكبريتيك المركز ثم سخنه بلطف تلاحظ تصاعد أبخرة حمراء لا تلبث أن تتكاثف على الجزء البارد من جدار الأنبوبة فتتحول الى سائل ذى لون مائل الى الصفرة ورائحة حمضية شديدة وهذا السائل هو حامض النيتريك

بعد أن يتم التفاعل صب السائل المتخلف فى الأنبوبة فى جفنة واتركه يبرد واجمع ما يتساقط من البلورات فيه وقارنها ببلورات ملح البارود تجد فرقاً واضحاً . هذه هى بلورات كبريتات البوتاسيوم الايدروجينى

$$يد_٢ كب ا_٤ + بو ن ا_٣ = بو يد كب ا_٤ + يد ن ا_٣$$

وهذا مثال لحلول حامض قليل التطاير محل آخر أكثر منه تطايرا فحامض الكبريتيك يغلى فى درجة ٣٣٠°م وحامض النيتريك يغلى فى درجة ٨٦°م ففى درجة الحرارة التى تعمل فيها التجربة لا يتطاير سوى حامض النيتريك فيخرج عن منطقة التفاعل

وإذا سخن نيترات البوتاسيوم مع حامض الكبريتيك تسخيناً

شديداً تكون كبريتات البوتاسيوم الأصلى وفقاً للمعادلة

يد$_2$كب ا$_4$ + ٢ بون ا$_3$ = بو$_2$كب ا$_4$ + يد ن ا$_3$

ولكن درجة الحرارة اللازمة لهذا التفاعل تكون كافية لتفكك حامض النيتريك فينحل متحولا إلى غازات فاذا أريد استخدام هذا التفاعل للحصول على حامض النيتريك يجب ألا تزيد درجة الحرارة عن الحد اللازم لتمام المرحلة الأولى من التفاعل بين الحامض والملح

وفعل حامض الكبريتيك المركز فى نيترات الصوديوم يشبه فعله فى نيترات البوتاسيوم . ويستحضر حامض النيتريك بتفاعل حامض الكبريتيك المركز مع أحد هذين الملحين

حامض النيتريك

كان حامض النيتريك معروفاً لدى قدماء المصريين والعرب وقد جهزه جابر فى القرن الثامن بتقطير كبريتات الحديدوز مع ملح البارود والشب . واستحضره جلوبر (Glauber) سنة ١٦٥٠ بتقطير ملح البارود وحامض الكبريتيك

استحضار حامض النيتريك

يستحضر حامض النيتريك فى المعمل بتأثير حامض الكبريتيك المركز فى ملح البارود

تدريب ٢*

ضع قدر ٢٠ جم من ملح البارود فى معوجة ذات سداد زجاجى وصب عليها من حامض الكبريتيك ما يكفى لتغشيته وسد المعوجة وثبتها كما ترى فى (شكل ٨٠)

وأدخل فوهتها فى رقبة قارورة صغيرة مغمورة فى حوض ماء بارد

لاحظ أن الملح يذوب فى الحامض دون تسخين

شكل ٨٠

إلا أنك إذا سخنت المعوجة تسخيناً هيناً يبدأ سائل يغلى وتتصاعد

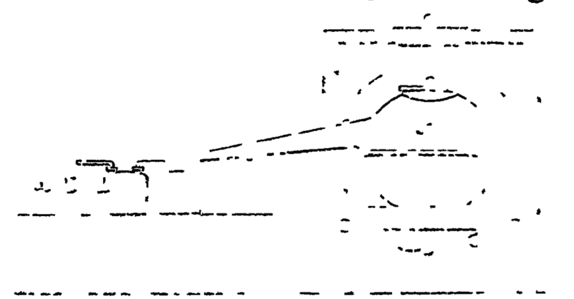
منه أبخرة سمراء لا تلبث أن تتكاثف عند رقبة المعوجــة وتتحول إلى سائل يتجمع فى القارورة . أما الأبخرة التى تنفــذ إلى القارورة دون أن تتكثف فانها تتكثف بتأثير البرودة الناشئة من ماء الحوض . عند مايقف تولد الأبخرة أبعد اللهب وصب ما فى المعوجة فى طبق تجـده يجمد ويصير كتلة بيضـاء متبلرة هى كبريتات البوتاسيوم الايدروجينى . أما السـائل المتكثف فى القـارورة فهو حامض النيتريك

والحامض الذى نحصل عليه من هـــذا التدريب يكون أصفر اللون لاحتوائه على غاز فوق أوكسـيد النيتروجين (ن $ا_٢$) الناتج من انحلال بعض الحامض . أما حامض النيتريك النقى فهو عديم اللون . ويمكن تنقية الحامض من هذا الغاز بأن يمرر فيه تيار من الهواء الجاف أو ثانى أوكسيد الكربون فيحمل معه فوق أوكسيد النيتروجين ويترك الحامض صافياً .

ملحوظة : لا تستعمل فى التدريب السابق سدادات من الفلين أو المطاط لأن حامض النيتريك يؤثر فيها .

صناعة حامض النيتريك

يجهز الحـامض فى الصناعة بفعـل حامض الكبريتيك المركز فى ملح بارود شيلى (نيترات الصوديوم) ويحـدث التفاعل فى قدور من الحـديد الزهر (شكل ٨١) موضوعة فى أفران خاصة ومتصلة بقوابل من الفخار خارج الأفران يتكثف فيها الحامض .



(شكل ٨١)

والحامض المجهز بهذه الطريقة يكون حاوياً لكثير من الشوائب أهمها ما يأتى : —

(١) حامض الأيدروكلوريك الذى يتكون من تفاعل حامض الكبريتيك مع الكلوريدات التى تكون فى العادة مختلطة بنيترات الصوديوم

(٢) فوق أوكسيد النيتروجين وهو غاز أسمر ينتج من انحلال حامض النيتريك بالحرارة .

(٣) حامض الكبريتيك وكبريتات الصوديوم .

(٤) أملاح حديدية تنشأ من تفاعل الحامض فى مادة القدر

وينقى الحامض من هذه الشوائب بتقطيره فى أوعية من الزجاج فتتطاير مركبات الكلور أولا ويختبر السائل المقطر بين آن وآخر بمحلول نيترات الفضة فاذا لم تظهر راسب أبيض كان دليلا على خلوه من الكلوريدات فيجمع فى أوعية خاصة ويكون خالياً من الكبريتات وحامض الكبريتيك وأملاح الحديد لأن هذه كلها تبقى فى معوجة التقطير .

ويجفف الحامض من الماء بتقطيره مع مايساوى حجمه من حامض الكبريتيك المركز ويمكن بعد ذلك تطهيره من فوق أوكسيد النيتروجين بأن يبعث فيه تيار من الهواء الجاف إلى أن يصير صافياً . وبهذه الطريقة يمكن الحصول على حامض نقى تبلغ قوته نحو ٩٩٫٨ ٪ . أما الحامض التجارى فلا تزيد قوته عادة عن ٦٨ ٪ أى أن به ٣٢ ٪ من الماء .

ويوجد حامض أسمر اللون يسمى حامض النيتريك المدخن (Fuming Nitric Acid) وهو عبارة عن حامض نيتريك مع مقدار كبير من فوق أوكسيد النيتروجين مذاباً فيه

خواص حامض النيتريك

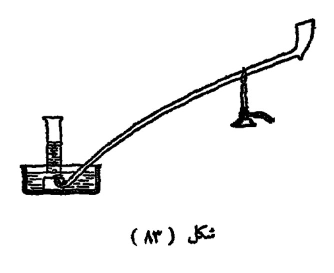
حامض النيتريك المركز سائل زيتى عديم اللون إذا كان نقياً إلا أنه يتلون أحياناً بلون أصفر لاحتوائه على بعض أكاسيد النيتروجين . وهو كحامض

الايدروكلوريك يدخن فى الهواء وهو يمتزج بالماء بأية نسبة فترتفع درجة الحرارة إذ ذاك ويقل حجم المزيج

والحامض النقى يغلى فى درجة ٨٦° م ويتجمد بالتبريد إلى مادة صلبة عديمة اللون تنصهر عند درجة — ٤٧° م وكثافته ١٫٥٦ جم

وإذا سخن محلول مخفف من حامض النيتريك يتبخر منه الماء تدريجاً إلى أن تصير قوته ٦٨ ٪. وعندئذ يتبخر دون تغير فى تركيبه وتكون نقطة غليانه إذ ذاك ١٢٠° م . كذلك إذا سخن الحامض الذى تزيد درجة تركيزه عن ٦٨ ٪. فان الحامض يتبخر منه تدريجاً إلى أن تصير قوته ٦٨ ٪ وعندها يتبخر دون تغير فى تركيبه

والحامض التجارى يحتوى على ٦٨ ٪. من حامض النيتريك وكثافته ١٫٤١٤ جم لكل ١ سم³ فى درجة ١٥° م . وهو يغلى فى درجة ١٢٠° م



شكل (٨٣)

انحلال الحامض

تجربة ٣

استحضر شبكا من الفخار واغمر طرف ساقه فى حوض ماء وسخن الساق بشدة عند نقطة منها واسكب فى الشبك قدر ٥ سم³ من حامض النيتريك على دفعات تلاحظ خروج فقاعات غازية من طرف الساق

نكس مخباراً ممتلئاً بالماء فوق طرف الساق (شكل ٨٣) تر الفقاعات الغازية تتصاعد وتملأ المخبار وتحل فيه محل الماء. اجمع من هذا الغاز قدراً كافياً تكشف عنه تجده أوكسيجينا. لاحظ أيضاً أن ماء المخبار قد اكتسب لوناً أصفر وهذا ناشئ من ذوبان غاز فوق أوكسيد النيتروجين

ينحل حامض النيتريك بالحرارة فيتصاعد منه الأوكسيجين وفوق أوكسيد النيتروجين ويمثل لهذا الانحلال بالمعادلة : —

٤ يد ن ا$_{٣}$ = ا$_{٢}$ + ٤ ن ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا

ويحدث مثل هذا الانحلال فى الحامض وهو بارد إذا تعرض للهواء ويذوب ماينتج من غاز فوق اوكسيد النيتروجين فى السائل فيكسبه لونا أصفر إلا أن الانحلال فى هذه الأحوال بطىء

فعل الحامض فى المواد العضوية

تدريب ٤ *

ضع بعضاً من نشارة الخشب فى طبق من الخزف وجففها بنار هادئة ثم صب فوقها قليلا من حامض النيتريك المركز تلاحظ اشتعال النشارة وخروج غازات صفراء

أعد نفس العمل مستعيضاً عن الخشب بقطع من الورق تحصل على نفس النتيجة

تدريب ٥ *

ضع قطعة من الفلين أو المطاط فى أنبوبة اختبار وأضف إليها قليلا من حامض النيتريك المركز وسخنه لدرجة الغليان تنبعث منه أبخرة سمراء وينتفخ الفلين

ملحوظة : يجب الاحتراس عند عمل هذه التجربة

ولهذا السبب لا يستعمل الفلين أو المطاط فى الأجهزة التى يستحضر فيها حامض النيتريك ولا فى سدادات القوارير التى يحفظ فيها الحامض

تدريب ٦ *

ضع قليلا من حامض النيتريك فى قاع مخبار ثم أسقط فوقه بضع قطرات من زيت التربنتينا بواسطة ماصة تتولد فى المخبار أبخرة سمراء ناتجة من تأثير الزيت فى الحامض . وإذا استعملت حامض النيتريك المدخن اشتعل الزيت

من هذه التداريب يتضح ما لحامض النيتريك من التأثير المتلف فى المواد العضوية ولذلك يجب الاحتراس عند استعماله لأن الحامض المركز إذا لامس الجلد أحدث فيه قروحاً مؤلمة أما إذا كان مخففاً فانه يصبغه بلون أصفر لا يزول إلا بعد مدة طويلة

ويؤثر حامض النيتريك فى بعض المواد العضوية فتتكون منها مركبات تستخدم فى صنع المفرقعات فمثلا مع القطن يتكون قطن المدافع ومع الجليسرين يتكون النيترو جليسرول وهو المادة الفعالة فى الديناميت ومع الفيتول يتكون حامض البكريك ومن الخطر عمل تجارب من هذا النوع

<u>حامض النيتريك عامل مؤكسد</u>

تدريب ٧ أ

سخن قليلا من زهر الكبريت مع حامض نيتريك مركز فى جفنة تجد أن الكبريت يذوب شيئاً فشيئاً وتنبعث من الجفنة أبخرة سمراء ويتخلف بعد التفاعل سائل زيتى القوام هو حامض الكبريتيك

صب بضع قطرات من هذا السائل على قليل من الماء فى أنبوبة اختبار وأضف إلى المحلول قليلا من محلول كلوريد الباريوم يرسب فى الأنبوبة راسب أبيض .

ويتمثل هذا التفاعل بالمعادلة الآتية : —

كب — ٢ يد ن ا$_{٣}$ = يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٢ ن ا

تدريب ٧ س*

سخن قطعة صغيرة من فحم الخشب حتى تتوهج واسقطها فى بوتقة من الخزف بها حامض نيتريك مركز وسخن البوتقة تشاهد تولد أبخرة سمراء ويختفى الفحم شيئاً فشيئاً

تدريب ٨*

ضع فى أنبوبة اختبار قليلا من محلول كبريتات الحديدوز ثم أضف إليه بضع قطرات من حامض النيتريك المركز تلاحظ خروج غاز أسمر ويتغير لون السائل الأخضر فيصير أحمر لتأكسد كبريتات الحديدوز وتحولها إلى كبريتات الحديديك .

حامض النيتريك من المواد المؤكسدة القوية وذلك لسهولة انحلاله ولاحتوائه على كمية كبيرة من الأوكسجين ولهذا السبب فانه يحول الكبريت إلى حامض الكبريتيك والكربون إلى ثانى أوكسيد الكربون وأملاح الحديدوز إلى أملاح الحديديك . وإذا وضعت فى الحامض قطعة صغيرة من الفوسفور تأكسدت بفرقعة شديدة وتحولت إلى حامض فوسفوريك . كذلك يتأكسد اليود بتأثير الحامض فيتحول إلى حامض الأيوديك (يدى ا٣) .

وتأثير الحامض فى المواد العضوية مثل آخر لقوته المؤكسدة فالأبخرة السمراء التى تتولد عند تسخين الحامض مع الخشب أو المطاط أو الورق أو السكر دليل على ما حدث للحامض من الاختزال بعد أكسدته هذه المواد .

فعل الحامض فى الفلزات :

يذيب حامض النيتريك أغلب الفلزات ما عدا الذهب والبلاتين وقد يظن أن ذوبان الفلزات فيه يكون دائماً مصحوباً بتصاعد الايدروجين ولكن الحقيقة غير هذا إذ قد يتصاعد أكاسيد أزوتية مختلفة أو الأزوت نفسه أو غاز النشادر

ويمكن تعليل هذه الظاهرة بأن نتصور أن الفلز يحل فى الحامض محل الايدروجين فتتكون نيترات الفلز إلا أن الايدروجين لا يتصاعد بحالته الغازية لأن حامض النيتريك عامل تأكسد قوى فهو يتحد مع الايدروجين عند تولده أى عندما يكون فى الحالة الذرية ويحوله إلى ماء أما هو فيختزل ويتحول إلى أكاسيد نيتروجينية أو نيتروجين أو نشادر

وتتوقف الدرجة التى يختزل إليها الحامض على درجة تركزه ونوع الفلز المستعمل ودرجة الحرارة فقد يكون الاختزال ضعيفاً ينتج عنه فوق أوكسيد النيتروجين وقد يكون قوياً لدرجة يتحول معها الحامض إلى نشادر وقد يكون وسطاً بين الاثنين

والمعادلات الآتية توضح بعض المراحل المختلفة التى تصل إليها عملية الاختزال بواسطة الايدروجين فى حالته الذرية

١ — ٢ يد ن ا٣ + ٢ يد = ٢ يد٢ ا + ٢ ن ا٢ ← فوق أوكسيد النيتروجين
٢ — ٢ يد ن ا٣ + ٤ يد = ٢ يد٢ ا + ٢ يد ن ا٢ ← حامض النيتروز
٣ — ٢ يد ن ا٣ + ٦ يد = ٤ يد٢ ا + ٢ ن ا ← أوكسيد النيتريك
٤ — ٢ يد ن ا٣ + ٨ يد = ٥ يد٢ ا + ن٢ ا ← أوكسيد النيتروز
٥ — ٢ يد ن ا٣ + ١٠ يد = ٦ يد٢ ا + ن٢ ← نيتروجين
٦ — ٢ يد ن ا٣ + ١٦ يد = ٦ يد٢ ا + ٢ ن يد٣ ← نشادر

ومن الأمثلة الآتية يتبين فعل حامض النيتريك فى بعض الفلزات المألوفة

١ — يذوب النحاس فى الحامض المركز فيتصاعد فوق أوكسيد النيتروجين

نح + ٤ يد ن ا٣ = ب (ن ا٣)٢ + ٢ يد٢ ا + ٢ ن ا٢

ويذوب فى الحامض المخفف فينتج أوكسيد النيتريك

٣ نح + ٨ يد ن ا٣ = ٣ نح (ن ا٣)٢ + ٤ يد٢ ا + ٢ ن ا

ويتكون فى الحالتين نيترات النحاسيك

٢ — يذوب الخارصين فى الحامض المخفف وينتج أوكسيد النيتروز

٤ خ + ١٠ يد ن ا$_{٣}$ = ٤ خ (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ٥ يد$_{٢}$ ا + ن$_{٢}$ ا

ويذوب فى الحامض المركز فيتولد النشادر

٤ خ + ٩ يد ن ا$_{٣}$ = ٤ خ (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ٣ يد$_{٢}$ ا + ن يد$_{٣}$

ويتحد النشادر مع حامض النيتريك فيتكون نيترات الأمونيوم
ويعبر عن التفاعلين بالمعادلة الآتية : —

٤ خ + ١٠ يد ن ا$_{٣}$ = ٤ خ (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ٣ يد$_{٢}$ ا + ن يد$_{٤}$ ن ا$_{٣}$

٣ — يذوب الرصاص فى الحامض المركز فيتكون فوق أوكسيد النيتروجين ونيترات الرصاص

ر + ٤ يد ن ا$_{٣}$ = ر (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ٢ ن ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا

ويذوب فى الحامض المخفف إذا سخن فيتكون نيترات الرصاص وتتصاعد غازات هى خليط من فوق أوكسيد النيتروجين وأوكسيد النيتروز النيتروجين

٤ — يذوب المغنيسيوم فى الحامض المخفف ويكون الذوبان سريعاً لدرجة أن جزءاً من الايدروجين يتصاعد قبل أن يختزل الحامض .

وسنذكر فيما يلى بعض التجارب التى توضح هذه الحقائق

تدريب ٩

اختبر تأثير حامض النيتريك المركز والمخفف فى كل من الفلزات الآتية : —

النحاس و الخارصين و الرصاص و الحديد و المغنيسيوم

وذلك بأن تضع الفلز فى أنبوبة اختبار ثم تضيف إليه الحامض

لاحظ قدرة الحامض على إذابة الفلز فى كل حالة وشاهد نوع الغازات المتصاعدة وإذا وجدت أن الفلز لا يذوب فى الحامض المخفف فسخنه

تدريب ١٠

ضع فى أنبوبة اختبار قليلا من خراطة النحاس وصب عليها بضع قطرات من حامض النيتريك المركز ولاحظ سرعة تأثر النحاس بالحامض ووفرة ما يتصاعد من الأبخرة السمراء وتلون السائل فى الأنبوبة باللون الأزرق . لاحظ أيضا أن الأبخرة السمراء لا تزول من الأنبوبة ما دام التفاعل مستمرا

هذه الأبخرة السمراء هى فوق أوكسيد النيتروجين أما اللون الأزرق فهو لون نيترات النحاسيك

تدريب ١١

أعد التدريب السابق مستعملا حامضا مخففاً بما يساوى حجمه من الماء تلاحظ تفاعلا شديدا فى القارورة ويتصاعد فيها غاز أسمر مشوب بحمرة ويتلون السائل فيها بلون أزرق . وبعد برهة تختفى الأبخرة السمراء ويحل محلها غاز يكاد يكون شفا انتظر ريثما ينتهى التفاعل وانفخ فى القارورة تلاحظ ظهور أبخرة سمراء

ويفسر ما حدث فى هذا التدريب بأن الحامض المخفف يتفاعل مع النحاس فيتكون نيترات النحاسيك وأوكسيد النيتريك وهذا الغاز عديم اللون إلا أنه يتحد بسرعة بأوكسيجين الهواء الموجود فى القارورة فيتكون فوق أوكسيد النيتروجين ذو اللون الأسمر ويستمر هذا حتى يستنفد كل أوكسيجين القارورة فيقف تكون الأبخرة السمراء ويطردها من القارورة ما يتولد من أوكسيد النيتريك فتزول آثارها

تدريب ١٢

ضع قليلا من الخارصين فى أنبوبة اختبار وأضف إليه حامض النيتريك المخفف بما يساوى سبعة أمثال حجمه من الماء تلاحظ حدوث فوران شديد مصحوب بتصاعد غاز شف يلهب الشظية المتقد طرفها هذا الغاز ليس أوكسيجين ولكنه أوكسيد النيتروز (ن ٢ ا) . ويكون التفاعل مصحوبا

بارتفاع درجة الحرارة وعند ماتسخن الأنبوبة يظهر فيها غاز أسمر هو فوق أوكسيد النيترجين

تدريب ١٣ *

ضع فى أنبوبة اختبار قدر ١٠ سم٣ من حامض النيتريك المخفف بما يساوى ثمانية أمثال حجمه من الماء ثم أسقط فيه قطعه من شريط الماغنيسيوم تجد تفاعلا شديداً مصحوباً بتصاعد غاز شف .

سد الأنبوبة سداً غير محكم بأصبعك ليتجمع فيها بعض الغاز ثم عرض له عود ثقاب متقد تجده يحترق . انتظر ريثما ينتهى التفاعل وأضف إلى المحلول بضع قطرات من محلول الصودا الكاوية وسخن المزيج يتصاعد منه غاز النشادر الذى يمكن تمييزه برائحته المعروفة .

فى هذا التدريب ذاب الماغنيسيوم فى الحامض المخفف وتولد الايدروجين وغاز النشادر وقد تصاعد الايدروجين من المحلول قبل أن يختزل الحامض أما النشادر فقد اتحد بالحامض وكون معه نيترات الأمونيوم وقد أمكن طرد النشادر من هذا الملح بالصودا الكاوية .

الماء الملكى (Aqua Regia)

تدريب ١٤ *

جهز مزيجاً من حامض الايدروكلوريك وحامض النيتريك بنسبة ٣ حجوم من الأول إلى حجم من الثانى وألق فيه ورقة رقيقة من الذهب أو البلاتين تجدها تذوب . لاحظ أن المزيج يتصاعد منه غاز إذا تبينته وجدته الكلور .

لاتذيب الحوامض فلزى الذهب والبلاتين ولكن مزيجاً من حامضى الايدروكلوريك و سيتريك بنسبة ثلاثة حجوم من الأول إلى حجم من الثانى يذيب هذين الفلزين ويسمى هذا المزيج باسم الماء الملكى إشارة إلى أنه يذيب ملك المعادن وهو الذهب .

ويتوقف فعل الماء الملكى فى الاذابة على أن حامض النيتريك يؤكسد حامض الايدروكلوريك فيخرج الكلور الذى يتحد مع الذهب وعلى الأخص عند ما يكون الكلور فى الحالة الذرية ويتكون من الاتحاد كلوريد الذهب (أو كلوريد البلاتين)

ملاحظة : أول من استحضر الماء الملكى هو جابر الأندلسى

استعمالات حامض النيتريك

لحامض النيتريك منافع صناعية عديدة فهو يستعمل كمذيب للفلزات وفى تنظيف النحاس الأصفر والبرنز وفى النقش على النحاس والفولاذ . ويستخدم فى استحضار حامض الكبريتيك والأصباغ والمواد المفرقعة والنيترات على اختلاف أنواعها .

أملاح حامض النيتريك وطرق تحضيرها

هى مركبات ناتجة من حلول فلز محل ايدروجين الحامض وتسمى الازوتات أو النيترات فيقال مثلا أزوتات الصوديوم أو نيترات الصوديوم وهى قابلة للذوبان فى الماء ومحاليلها ذات طعم مالح وإذا بخرت المحاليل بهدوء رسب الملح على شكل بلورات

ويمكن استحضار النيترات بالطرق الآتية : —

أولا : باذابة الفلز فى حامض النيتريك

وتستعمل هذه الطريقة فى استحضار نيترات النحاس أو الرصاص أو الخارصين أو الزئبق أو الفضة

تدريب ١٥

ضع قليلا من خراطة النحاس فى جفنة وصب عليها حامض النيتريك المخفف شيئاً فشيئاً حتى يذوب النحاس ثم رشح المحلول وبخر الرشيح بلطف ترسب فيه بلورات زرقاء من نيترات النحاسيك وهى محتوية على ماء تبلر وقانونها نح (ن ا ٣) ٢ . ٣ يد ٢ ا ويمثل للتفاعل بالمعادلة : —

٣ نح + ٨ يدن ا$_{٣}$ = ٣ نح (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ٤ يد$_{٢}$ ا + ٢ ن ا

وإذا استعملت حامض النيتريك المركز حصلت على نفس هذه البلورات إلا أن التفاعل يكون شديداً ويتصاعد فوق أوكسيد النيتروجين

تدريب ١٦ *

أعد التدريب السابق مستعملا الرصاص تحصل على بلورات بيضاء من نيترات الرصاص .

وتحضر نيترات الفضة للتجارة باذابة الفضة فى حامض النيتريك ثم تبخير المحلول فيتبلور الملح على شكل صفائح معينية عديمة اللون .

وبعض النيترات لا يمكن تحضيرها باذابة الفلز فى الحامض لأن المادة الناتجة من الذوبان لا تكون ملحاً فالقصدير مثلا يذوب فى حامض النيتريك ولكن المادة الناتجة هى أوكسيد القصديريك

ق + ٤ يدن ا$_{٣}$ = ق ا$_{٢}$ + ٤ ن ا$_{٢}$ + ٢ يد ا

ولهذا السبب فانه لا يصح تعميم هذه الطريقة فى تحضير كل أملاح هذا الحامض

ثانياً : بتفاعل حامض النيتريك مع أوكسيد الفلز

تدريب ١٧ ا

سخن فى جفنة قليلا من أوكسيد النحاس الأسود مع حامض النيتريك المخفف تر الأوكسيد يذوب ويتلون المحلول بلون أزرق .

بعد أن يقف الذوبان رشح المحلول وبخر الرشيح بهدوء ترسب فيه بلورات كالتى حصلت عليها من تدريب ١٠ وهى بلورات نيترات النحاسيك

نح ا + ٢ يدن ا$_{٣}$ = نح (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا

تدريب ١٧ ب

اعد هذا التدريب مستعملا أول أوكسيد الرصاص تحصل على بلورات نيترات الرصاص

ر ا + ٢ يد ن ا$_{3}$ = ر (ن ا$_{3}$)$_{2}$ + يد$_{2}$ ا

ثالثاً : بتفاعل حامض النيتريك مع كربونات الفلز

كثيراً ما تستخدم هذه الطريقة فى تحضير الأملاح وذلك لسهولة ذوبان الكربونات فى الحوامض وتطاير ثانى أوكسيد الكربون وتظهر فائدتها من المقارنة الآتية : —

إذا أضيف حامض النيتريك إلى ملح من أملاح حامض الايدروكلوريك ككلوريد الصوديوم مثلا تكون فى بادىء الأمر نيترات الصوديوم وحامض الأيدروكلوريك وهذا الحامض يبقى فى منطقة التفاعل دون أن يتطاير فيؤثر فى نيترات الصوديوم مكوناً حامض النيتريك وكلوريد الصوديوم أى أنه يحدث تفاعل عكسى بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل يمثل له بالمعادلة الآتية : —

يد ن ا$_{3}$ + ص كل $\rightleftarrows$ ص ن ا$_{3}$ + يد كل

وتكون نتيجة هذا التفاعل المزدوج الحصول على مخلوط يحوى ملحين وحامضين

أما إذا أضيف حامض النيتريك إلى أحد أملاح حامض الكربونيك ككربونات الصوديوم مثلا فان الحامض يتفاعل مع الملح مكونا نيترات الصوديوم وحامض الكربونيك وهذا الحامض ينحل بمجرد تكوينه ويتطاير منه ثانى أوكسيد الكربون فيبقى نيترات الصوديوم دون أن يتأثر بحامض الكربونيك ويمثل لهذا التفاعل بالمعادلة : —

٢ يد ن ا$_{3}$ + ص$_{2}$ ك ا$_{3}$ = ٢ ص ن ا$_{3}$ + يد$_{2}$ ك ا$_{3}$

$\downarrow$

ك ا$_{2}$ + يد$_{2}$ ا

وظهر من هذه المعادلة أن نيترات الصوديوم الناتجة من التفاعل لا تكون مخلوطة بمركب آخر سوى الماء.

وتستخدم هذه الطريقة فى تحضير النيترات بطريقة تتضح من التداريب الآتية : —

تدريب ١٨ ا

ضع قدر جرامين من كربونات النحاس فى جفنة وأضف إليه من حامض النيتريك المخفف ما يكفى لاذابته تماماً

لاحظ أن التفاعل يكون شديداً ويتصاعد فى أثنائه غاز يعكر ماء الجير هو ثانى أوكسيد الكربون

رشح المحلول وبخر الرشيح ببطء تحصل على بلورات أزوتات النحاسيك

٢ يد ن ا$_{٣}$ + نح ك ا$_{٣}$ = نح (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ك ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا

تدريب ١٨ ب

أعد التدريب السابق مستعملا مسحوق الطباشير مع حامض النيتريك المخفف وبخر الرشيح لدرجة الجفاف تحصل على مادة صلبة بيضاء هى نيترات الكالسيوم

٢ يدن ا$_{٣}$ + كا ك ا$_{٣}$ = كا (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا + ك ا$_{٢}$

تدريب ١٩

أضف حامض النيتريك المخفف إلى كربونات الصوديوم حتى ينقطع خروج ثانى أوكسيد الكربون ورشح السائل وبخر الرشيح لينقص حجمه ويبدأ فى التبلر ثم اتركه يبرد تظهر فيه بلورات شفافة عديمة اللون مكعبة الشكل هى بلورات نيترات الصوديوم

٢ يد ن ا$_{٣}$ + ص$_{٢}$ ك ا$_{٣}$ = ٢ ص ن ا$_{٣}$ + ك ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا

(رابعا) بتعادل حامض النيتريك مع إيدروكسيد الفلز

يسهل تحضير نيترات الفلزات القوية بهذه الطريقة فمثلا يستحضر نيترات كيم. (١١ — ١٦٠

البوتاسيوم بتعادل حامض النيتريك والبوتاسا الكاوية

يد ن ا$_{٣}$ + بو ا يد = بو ن ا$_{٣}$ + يد$_{٢}$ ا

تدريب ٢٠ ا

ضع قدر ١٠ سم^{٣} من محلول البوتاسا الكاوية فى جفنة وعادلها بحامض النيتريك المخفف مستعيناً فى ذلك بورق عباد الشمس وعند ما يتم التعادل بخر المحلول إلى أن يبدأ فى التبلر ثم اتركه يبرد ترسب فيه بلورات منشورية مستطيلة شفة هى بلورات نيترات البوتاسيوم

تدريب ٢٠ ب

أعد هذا التدريب مع استعمال محلول الصودا الكاوية تحصل على بلورات نيترات الصوديوم

ويمكن تحضير نيترات الأمونيوم بتعادل حامض النيتريك مع محلول النشادر

يد ن ا$_{٣}$ + ن يد$_{٤}$ ا يد = ن يد$_{٤}$ ن ا$_{٣}$ + يد$_{٢}$ ا

وتتساقط بلورات الملح فى المحلول بعد تبخيره وتبريده

ملاحظـــة :

لا تستحضر أملاح حامض النيتريك بطريق الترسيب لأنها قابلة للذوبان فى الماء

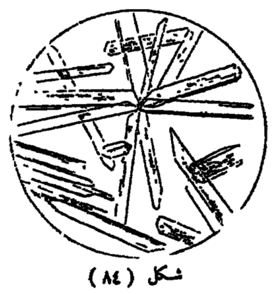
بعض أملاح حامض النيتريك الشهيرة

١ — نيترات البوتاسيوم (Potassium Nitrate)

يعرف هذا الملح فى التجارة باسم ملح البارود (Nitre or Saltpetre) ويوجد طبيعياً على سطح الأرض بشكل أبيض لامع فى بعض البلاد الحارة كالهند والعجم ومصر وبلاد العرب. ويتكون هذا الملح أحياناً

على سطح التربة الزراعية ويرجع السبب فى تكوينه إلى فعل الحرارة والهواء بمساعدة أنواع من البكتريا

ويستحضر أزوتات البوتاسيوم فى المعمل بتعادل حامض النيتريك والبوتاسا الكاوية



شكل (٨٤)

وملح البارود قابل للذوبان فى الماء وتزداد قابليته للذوبان بازدياد درجة الحرارة وإذا ترك محلوله يبخر رسب فيه الملح على شكل بلورات منشورية مستطيلة شفة عديمة اللون خالية من ماء التبلر (شكل ٨٤)

وإذا سخن ملح البارود فانه ينصهر ثم ينحل فيخرج منه الأوكسيجين ويبقى نيتريت البوتاسيوم

$$٢ \text{ بو ن ا}_{٣} = ٢ \text{ بو ن ا}_{٢} + \text{ا}_{٢}$$

ولهذا السبب فان نيترات البوتاسيوم من المواد المؤكسدة القوية وتتضح هذه الخاصة من التدريب الآتى : —

تدريب ٢١ *

ضع قليلا من ملح البارود فى أنبوبة اختبار متينة وسخنها إلى أن ينصهر الملح ثم اسقط فيه قطعة من الكبريت أو فحم الخشب المتقد تجدها تتوهج بشدة لأنها تتأثر بالأوكسيجين المتصاعد من الملح

اترك الأنبوبة تبرد بعد خروج كل الأوكسيجين تجمد فيها مادة بيضاء تختلف عن نيترات البوتاسيوم فى درجة الذوبان فى الماء وفى التأثر بالحوامض وتسمى « نيتريت البوتاسيوم » وهى من أملاح حامض النيتروز (يدن ا٢) الذى يحوى من الأوكسيجين مقداراً أقل مما فى حامض النيتريك

ونظراً لأن نيترات البوتاسيوم عامل مؤكسد قوى فانه يستخدم فى صناعة البارود الذى هو مزيج من ملح البارود والكبريت والكربون بنسبة ٧٥ : ١٢٫٥ : ١٢٫٥ وإذا عرض لهب لهذا المزيج فانه يشتعل بشدة

(٢) نيترات الصوديوم

هو ملح أبيض يشبه نيترات البوتاسيوم من وجوه عدة وعلى الأخص فى طريقة تحضيره فى المعمل وفى انحلاله بتأثير الحرارة وفى قوته المؤكسدة وهو لا يستخدم فى صناعة البارود لأنه يتميع بسرعة فى الهواء .

وسنتكلم عن هذا الملح فى باب الصوديوم

(٣) نيترات الرصاص ر (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ (Lead Nitrate)

يستحضر هذا الملح باذابة الرصاص أو أوكسيده (ر ا) أو كربوناته فى حامض النيتريك المخفف ثم تبخير المحلول وتبريده فيرسب الملح على شكل بلورات بيضاء

وهذا الملح يذوب بسرعة فى الماء . وإذا سخنت بلوراته فانها تنحل ويتصاعد منها الأوكسيجين وفوق أوكسيد النيتروجين ويتخلف أوكسيد الرصاص الأصفر

تدريب ٢٢ *

ضع قليلا من نيترات الرصاص فى أنبوبة اختبار وسخنها تجد الملح ينصهر وتنبعث منه أبخرة فوق أوكسيد النيتروجين ويتخلف فى الأنبوبة مادة صلبة صفراء هى أول أوكسيد الرصاص . ويتصاعد مع فوق أوكسيد الرصاص غاز الأوكسيجين ويمكن إثبات ذلك بامرار الغازات المتصاعدة من نيترات الرصاص فى أنبوبة محاطة بمخلوط مبرد فيتحول فوق أوكسيد النيتروجين إلى سائل وينفرد الأوكسيجين ويمكن التحقق من ذاتيته بالطرق المعروفة

٢ ر (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ = ٢ ر ا + ا$_{٢}$ + ٤ ن ا$_{٢}$

(٤) نيترات الفضة (ف ن ا٣) (Silver Nitrate)

يحضر هذا الملح باذابة الفضة فى حامض النيتريك المخفف مع تسخين هادى، ثم يلور المحلول . والعادة أن تستعمل النقود الفضية القديمة فى استحضاره

تدريب ٢٣ *

أذب قطعة من النقود الفضية فى حامض نيتريك مخفف فى كأس وعند ما يتم الذوبان أضف إلى المحلول حامض الايدروكلوريك يرسب فى المحلول كلوريد الفضة أما ملح النحاس فيبقى مذاباً . افصل الراسب بالترشيح واغسله مراراً بالماء ثم اختزله إلى فضة وذلك بأن تسخنه مع البوتاسا الكاوية وسكر العنب . اغسل الفضة الراسبة ثم أذبها فى حامض نيتريك نقى وبخر المحلول لدرجة الجفاف ثم أضف إليه ماء واتركه يبخر تحصل على بلورات نيترات الفضة

ونيترات الفضة ملح أبيض اللون متبلر وبلوراته خالية من ماء التبلر وهو سهل الذوبان فى الماء وفى الكحول وإذا سخن انصهر والمصهور منه يصب فى قوالب فيجمد على شكل أقلام تستعمل فى الطب باسم «حجر جهنم» لمس العيون وكىّ الجروح . أما إذا سخن لدرجة الاحمرار فانه ينحل وتنفصل منه الفضة ويتصاعد منه أوكسيجين وفوق أوكسيد النيتروجين

٤ ف ن ا٣ = ٤ ف + ا٢ + ٤ ن ا٢

ولنيترات الفضة تأثير كاو فى الجلد وهو يصبغه بلون أسود ويفسر ذلك بأن المواد العضوية تحلل نيترات الفضة فتنفرد منها الفضة ويتصاعد الأوكسيجين ويتكون حامض النيتريك . فالفضة تبقع الجلد بلون أسود أما الأوكسيجين وحامض النيتريك فيؤثران فى الأنسجة تأثيراً كاوياً . ولهذه الخاصة يستعمل نيترات الفضة أحياناً فى صنع الشعر . كذلك يستعمل مداداً يكتب به على التيل فترسب الفضة عليه وتصبغه بلون أسود لا يزول بالغسل

ونيترات الفضة تمتص النشادر بسرعة وإذا تشبع محلولها به وترك مدة من الزمن ظهرت فيه بلورات تركيبها ف ن ا$_{٣}$ ، ٢ ن ا$_{٣}$

ولما كان أغلب أملاح الفضة غير قابل الذوبان فى الماء فان محلول نيترات الفضة يستعمل فى المعمل لترسيب أملاح الفضة وهو يساعد فى عمليات التحليل الكيماوى على كشف الشق الحمضى للأملاح . فمثلا إذا أضيف إليه محلول أحد الأملاح وظهر راسب أبيض لا يذوب فى حامض النيتريك ويذوب فى النشادر كان الملح المضاف من أملاح حامض الايدروكلوريك . وإذا كان الراسب أصفر اللون لا يذوب فى حامض النيتريك ولا فى النشادر كان الملح من أملاح حامض الايدرويوديك

ويستعمل أيضاً نيترات الفضة فى التصوير الشمسى

تنبيـــه :

إذا أردت أن تصنع محلولا من نيترات الفضة فاستعمل ماءاً مقطراً لأن ماء الصنبور يحدث مع نيترات الفضة راسباً أبيض لاحتوائه على كمية قليلة من ملح الطعام

وتستعمل نيترات الفضة قطرة للعيون فى محلول لا تزيد قوته عن ٥ جرامات فى اللتر وهى تدخل أيضاً ضمن تركيب قطرة « البروترجول »

تأثير الحرارة فى النيترات

معظم النيترات تنحل بالحرارة وهى من هذه الناحية تنقسم إلى ثلاثة أقسام : —

١ — نيترات الفلزات الثقيلة وتنحل إلى أوكسيجين وفوق أوكسيد النيتروجين وأوكسيد الفلز ومن هذا النوع أغلب النيترات مثل نيترات الرصاص أو النحاس أو الفضة أو الزئبق . وقد ينحل أوكسيد الفلز أحياناً كما يحدث فى نيترات الزئبق أو الفضة

٢ — نيترات الفلزات القلوية (الصوديوم والبوتاسيوم) وهى تنحل إلى أوكسيجين ونيتريت الفلز

٣ — نيترات الأمونيوم وتنحل إلى أوكسيد نيتروز وماء

أما حامض النيتريك نفسه فانه ينحل إلى أوكسيجين وفوق أوكسيد النيتروجين وماء وظاهر من هذا أن نيترات الفلزات الثقيلة تشبه حامض النيتريك فى التأثر بالحرارة

الكشف عن حامض النيتريك وأملاحه

يتميز حامض النيتريك عن الحوامض الأخرى بتأثيره فى النحاس فان كان مركزاً تصاعدت منه أبخرة كثيفة حمراء من فوق أوكسيد النيتروجين وإن كان مخففاً تكون أوكسيد النيتريك وهو غاز عديم اللون إلا أنه يتحد بسرعة مع أوكسيجين الهواء مكوناً فوق أوكسيد النيتروجين

وتتميز أملاح حامض النيتريك باحدى الطريقتين الآتيتين : —

١ — يضاف إلى الملح قليل من خراطة النحاس ثم يصب على المزيج حامض الكبريتيك ويسخن فيطرد حامض الكبريتيك حامض النيتريك الذى يتفاعل مع النحاس وتظهر الأبخرة السمراء

٢ — يوضع فى أنبوبة اختبار قليل من محلول الملح ثم يضاف إليه قليل من محلول كبريتات الحديدوز ويصب فى الانبوبة بضع قطرات من حامض الكبريتيك المركز باحتراس بحيث يسيل الحامض على جدران الأنبوبة ويصل إلى قاعها دون أن يمتزج بالسائل فتتكون حلقة سمراء عند سطح اتصال الحامض بما فوقه من السائل (شكل ٨٣)

(شكل ٨٣)

وتفسير هذه الظاهرة هو أن حامض الكبريتيك يتفاعل مع الملح عند سطح تلامسهما فينفرد حامض النيتريك الذى يختزل بتأثير كبريتات الحديدوز فينتج أوكسيد النيتريك وهذا يتحد مع كبريتات الحديدوز فتتكون مادة سمراء تظهر بشكل حلقة

وهذا الكشف حساس لدرجة كبيرة وبه يمكن تمييز الآثار الصغيرة من أملاح حامض النيتريك

استعمال النيترات فى المفرقعات

ملاحظات هامة :

الغرض من المعلومات الآتية هو أن يلم الطالب ببعض خواص وتركيب المفرقعات النيتروجينية الشهيرة — وغير مطلوب إجراء تجارب فيها لأن هذا يستدعى اتخاذ احتياطات كثيرة فى تركها خطر شديد — ولا يستطيع القيام باجراء هذه التجارب إلا إخصائيون درسوا الموضوع دراسة وافية — فليحذر الطالب من عمل أى تجربة فيها

المفرقعات (Explosives) هى مركبات سهلة الانحلال بالحرارة أو الطرق — وينتج عن انحلالها كميات وافرة من الغازات تكون سبباً فى إحداث ضغط عظيم تنفجر منه الأجهزة التى تكون محتوية عليها

وأهم النيترات المستعملة فى المفرقعات هو نيترات البوتاسيوم الذى يستخدم فى صناعة البارود — وهذا مزيج من نيترات البوتاسيوم والكبريت والكربون بنسبة ٧٥ : ١٢٫٥ : ١٢٫٥

وإذا عرض لهب لهذا المزيج فانه يشتعل بشدة

وإذا كان البارود فى حيز محدود وعرض لضغط شديد فانه ينفجر بدوى هائل وذلك لأن الضغط يولد حرارة تكون كافية لاشعاله وتتولد إذ ذاك غازات يبلغ حجمها قدر حجم البارود الأصلى ٢٨٠ مرة تقريباً فتحدث ضغطاً شديداً يسبب الانفجار وهذا هو السبب فى انفجار البارود داخل البندقية عند ما يضغط عليه الزناد — ويمثل للتفاعل بالمعادلة الآتية : —

٢ بو ن $ا_{٣}$ + ٣ ك — كب = ٣ ك $ا_{٢}$ + $ن_{٢}$ + $بو_{٢}$ كب

ويحدث الانفجار من تولد ثانى أوكسيد الكربون والنيتروجين أما كبريتيد البوتاسيوم فهو الدخان الأبيض الذى يشاهد عند الانفجار . ويستخدم البارود فى المفرقعات التى يستعملها الأطفال فيوضع مقدار صغير منه فى جزء من المنسوج بها قطعة من الحجر وتربط ربطاً محكما فاذا ألقيت على الأرض بشدة انفجرت . ويستعمل نيترات البوتاسيوم فى عمل السواريخ وفى صناعة

بعض المفرقعات عديمة اللهب والدخان لأن المواد الناتجة من انحلالها ليس بها مواد صلبة

وتنقسم المفرقعات على وجه العموم إلى قسمين هما :

(١) البارود وقد تكلمنا عنه

(٢) المفرقعات النيتروجينية

وتستحضر المفرقعات النيتروجينية بتأثير مزيج من حامضى النيتريك والكبريتيك فى بعض المركبات وهى تحتوى على الكربون والايدروجين والأوكسيجين والنيتروجين وعند انفجارها يتحد الأوكسيجين بالكربون والايدروجين فتنتج أكاسيد كربونية وبخار الماء ، أما النيتروجين فانه يخرج منفرداً

وأهم المفرقعات النيتروجينية ما يأتى : —

١ — النيتروخلووز (Nitrocellulose) ويستحضر بتأثير حامض النيتريك وحامض الكبريتيك فى الخلووز (القطن مثلا) وهو يحترق بهدوء إذا أشعل ولكنه إذا تعرض لصدمة فجائية انفجر بدوى عظيم . وهو من المفرقعات عديمة الدخان

٢ — النيتروجليسرين (Nitroglycerine) ويستحضر بتأثير حامض النيتريك والكبريتيك فى الجليسرين — وهو من المفرقعات الشديدة لأنه إذا انفجر نتج عن الحجم الواحد منه ١٣٠٠ حجم من الغاز — وهذه تتمدد بالحرارة المتولدة من التفاعل فتصبح ١٠٠٠٠ من الحجوم . وتخفف شدته نوعاً ما بتحويله إلى ديناميت (Dynamite) فيكون أقل عرضة للانفجار بالصدمات الضعيفة ويكون قابلاً للنقل من مكان إلى آخر

ويصنع الديناميت المعتاد من النيتروجليسرين ونيترات الصوديوم ولب الخشب وفائدة الأخير امتصاص النيتروجليسرين

الأسمدة النيتروجينية

يمتص النبات من الأرض بعض المواد اللازمة لنموه ويشترط فى هذه المواد أن تكون قابلة للذوبان فى الماء حتى يستطيع النبات أن يمتص محلولها فى الماء ويتغذى به . وتوجد هذه المواد بنسبة صغيرة فى الأرض فاذا استمرت زراعة الأرض مدة طويلة ولم تعوض فيها العناصر التى نفدت منها أصبحت خالية من الغذاء الصالح للنبات فلا تنتج محصولا . وأفضل طريقة لمنع هذا الضرر هى استعمال الأسمدة وهى مواد محتوية على العناصر الضرورية لغذاء النبات ونموه . وأهم هذه العناصر هى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم . وسنقصر كلامنا على الأسمدة النيتروجينية . وهى مواد توضع فى الأرض يستمد منها النبات مايحتاج إليه من النيتروجين ولو كانت النباتات قادرة على تمثيل النيتروجين الجوى لما كانت هناك حاجة لاستعمال الأسمدة النيتروجينية ولكن معظم النباتات لايستفيد من النيتروجين الجوى

وأهم الأسمدة النيتروجينية نيترات الصوديوم التى توجد فى شيلى بكميات وافرة ومنها تصدر إلى معظم أقطار العالم

ولما كانت كميات هذه النيترات ببلاد شيلى هى المصدر الطبيعى الوحيد لهذه المادة فقد ارتفعت أثمانها فى العهد الأخير وأصبحت قاصرة عن سد حاجات العالم ولهذا فكر الكيماويون فى عمل النيترات بطرق صناعية . ولما كان الجو هو أرخص مصدر للحصول على النيتروجين فقد انحصرت جهودهم فى تحضير النيترات من النيتروجين الجوى وقد نجحوا فى ذلك واستحضروها بطرق عدة تسمى طرق « تثبيت النيتروجين الجوى » وسنذكر أهمها فيما يلى : —

طرق تثبيت النيتروجين الجوى (Fixation of Atmospheric Nitrogen)

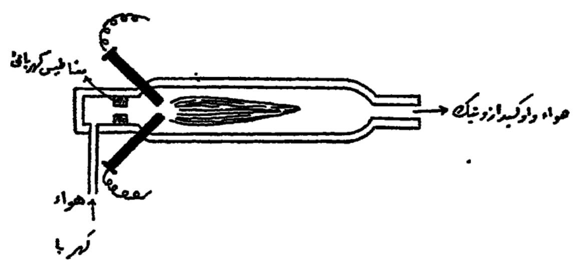
(الطريقة الأولى) : تحضير نيترات الكالسيوم من النيتروجين الجوى

تتلخص هذه الطريقة فيما يأتى وتعرف بطريقة بيرك وأيد (Birke & Eyde)

. يمرر الهواء فى فرن به قوس كهربائى أمكن مد لهبه مسافة تقرب من ست أقدام (شكل ٨٤) بتأثير مغناطيس كهربائى يوضع عموديا على اتجاه القوس . وعند ما يمر الهواء مخترقاً هذا اللهب يتحد الأوكسيجين بالنيتروجين مكوناً أوكسيد النيتريك

$$\text{ن}_2 + \text{أ}_2 = ٢\,\text{ن أ}$$

ويخرج الهواء من هذا الفرن محتوياً على ٢ / . فقط من أوكسيد النيتريك لأن اتحاد الغازين لايتجاوز هذه النسبة



شكل (٨٤)

ثم يمر مزيج الهواء وأوكسيد النيتريك فى قاعة تسمى قاعة التأكسد وفيها يبرد أوكسيد النيتريك فيتحد بأوكسيجين الهواء مكوناً فوق أوكسيد النيتروجين

$$٢\,\text{ن أ} + \text{أ}_2 = ٢\,\text{ن أ}_2$$

بعد هذا تمرر الغازات المتصاعدة من هذه القاعة فى أبراج متتالية يتساقط فيها رشاش من الماء فيتفاعل فوق أوكسيد النيتروجين مع الماء مكوناً حامض النيتريك وأوكسيد النيتريك وفقاً للمعادلة

$$٣\,\text{ن أ}_2 + \text{يد}_2\text{أ} = ٢\,\text{يد ن أ}_3 + \text{ن أ}$$

ويتأكسد أوكسيد النيتريك المتولد من هذا التفاعل بأوكسيجين الهواء فيتحول إلى فوق أوكسيد النيتروجين الذى يتحول بفعل الماء إلى حامض

النيتريك وأوكسيد النيتريك وبتكرار هذه العملية فى الأبراج يتحول معظم أوكسيد النيتريك إلى حامض النيتريك . ويتجمع محلول الحامض فى قاع الأبراج فيسحب منها بمضخة ماصة ويضاف إلى لبن الجير فيتكون نيترات الكالسيوم الذى يستخدم كسماد . ويمكن الحصول عليه صلبا بتبخير المحلول

ويصنع هذا النوع من السماد فى بلاد النرويج ولهذا فانه يسمى ملح البارود النرويجى (Norwegian Salpetre) وهو أفضل من نيترات الصوديوم لاحتوائه على الجير الذى يفيد التربة

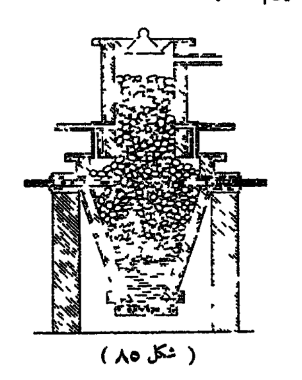
(الطريقة الثانية) تحضير سيناميد الكالسيوم (Calcium Cyanamide)

يسخن مخلوط من الجير وفحم الكوك فى أفران كهربائية كالمبين أحدها (بشكل ٨٥) فيتكون كربيد الكالسيوم حسب المعادلة

كا ا + ٣ ك = كاك$_{٢}$ + ك ا

وكربيد الكالسيوم مادة صلبة بيضاء تعرف باسم «الفحم الأبيض» ويستعمل أحيانا فى الاضاءة لأنه يتأثر بالماء فيتصاعد منه غاز الاستيلين الذى يضىء بلهب أبيض ويعبر عن التفاعل بالمعادلة

كاك$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا =
ك$_{٢}$يد$_{٢}$ + كا (ا يد)$_{٢}$



(شكل ٨٥)

وإذا سحق كربيد الكالسيوم وسخن مع النيتروجين التى فى أفران درجة حرارتها ١٠٠٠°م تكون سيناميد الكالسيوم المستعمل فى السماد ويعبر عن التفاعل بالمعادلة

كاك$_{٢}$ + ن$_{٢}$ = كاك ن$_{٢}$ + ك

ويستحضر النيتروجين اللازم لهذا التفاعل من الهواء السائل أو من الهواء بعد تنقيته من الأوكسيجين بامراره على النحاس المسخن

(الطريقة الثالثة) تحضير النشادر بطريق التركيب وتعرف بطريقة هابر (Haber)

وفى أثناء الحرب العالمية الكبرى تعذر على ألمانيا استيراد نيترات الصوديوم من شيلى ولم يكن لديهم من المواد الطبيعية ما يقوم مقامها فى تسميد الأرض وفى صناعة حامض النيتريك اللازم لعمل المفرقعات فاضطروا لتحضير النيترات من الجو وقد نجحوا فى ذلك وتمكنوا من تحضير كميات وافرة منها جعلتهم فى غنى عن استيرادها من الخارج

وقد بدأوا أولا بصنع النشادر من الايدروجين والنيتروجين المحضر من الجو وباستخدام النشادر تمكنوا من تحضير النيترات وحامض النيتريك

وتتلخص الطريقة التى اتبعوها فيما يأتى : —

من المعلوم أنه إذا أمرت شرارات كهربائية فى مزيج من الايدروجين والنيتروجين بنسبة وجودهما فى النشادر أى بنسبة ثلاثة حجوم من الأول إلى حجم من الثانى اتحد الغازان وتولد منهما غاز النشادر إلا أن ما ينتج منه لا يتجاوز ٢ ٪ وهذا القدر لا يفى بالأغراض الصناعية . وقد وجد بالتجربة أنه إذا سخن مزيج الايدروجين والنيتروجين بالنسبة المذكورة إلى درجة ٥٠٠ °م وكان الضغط الواقع عليه قدر الضغط الجوى ٢٠٠ مرة اتحد الغازان بمساعدة عامل وسيط هو الحديد والموليبديوم (Molybdenum) المجزأين تجزيئاً دقيقا ، وتكون نسبة النشادر المتولد من اتحادهما كبيرة لدرجة تتفق مع الأغراض الصناعية

ويمكن الحصول على النيترات من النشادر بإحدى الطريقتين الآتيتين :

١ — يمرر النشادر فى حامض الكبريتيك ويبخر المحلول فيرسب كبريتات الأمونيوم الذى يستعمل كسماد كيماوى

٢ — يمرر مزيج ساخن من هواء ونشادر على حرير بلاتينى مبلل فيتأكسد النشادر بأكسجين الهواء ويتكون حامض النيتريك حسب المعادلة

ن يد٣ + ٢ ا٢ = يد ن ا٣ + يد٢ ا

ومن حامض النيتريك يسهل استحضار النيترات

الأسمدة النيتروجينية الصناعية

أهم الأسمدة النيتروجينية الصناعية هى : —

١ — نيترات الكالسيوم ويستحضر من الهواء بالطريقة التى تقدم ذكرها وهو سريع التميع فيجب وضعه فى أوان محكمة القفل عند تصديره

٢ — سيناميد الكالسيوم (الجير الأزوتى أو النيتروجينى) ويستحضر بالطريقة التى سبق شرحها وهو مسحوق ناعم ذو لون رمادى تنبعث منه رائحة كريهة كرائحة الأسيتيلين وعلى الأخص إذا ندى بالماء ويرجع السبب فى ذلك إلى وجود كربيد الكالسيوم

وللماء تأثير على سيناميد الكالسيوم نفسه إذ يتفاعل معه منتجا غاز النشادر

كا ك ن $_٢$ + ٣ يد $_٢$ ا = كا ك ا $_٣$ + ٢ ن يد $_٣$

ويحدث هذا التفاعل عند وضع السماد بالارض

وبالنسبة لتأثر هذا السماد بالماء فانه يوضع عند تصديره فى أوان محكمة القفل

٣ — كبريتات الامونيوم . ويحضر عادة من السائل النشادرى الذى يتصاعد أثناء تقطير الفحم الحجرى . وطريقة ذلك أن يضاف السائل إلى الجير ويسخن فيتصاعد منه غاز النشادر الذى يمرر فى حامض الكبريتيك ثم يبخر المحلول فيتبلور فيه الملح

دورة النيتروجين فى الكون

يصل النيتروجين الجوى إلى النباتات باحدى الطريقتين الآتيتين : —

(١) من الأسمدة المصنوعة من النيتروجين الجوى أو مواد نيتروجينية أخرى

(٢) بعض النباتات وعلى الأخص الفصيلة البقلية فى قدرتها أن تنتفع بالنيتروجين الجوى ويرجع هذا لوجود عقد فى جذورها (شكل ٨٦)

تعيش فيها كائنات حية صغيرة تساعد على امتصاص النبات للنيتروجين

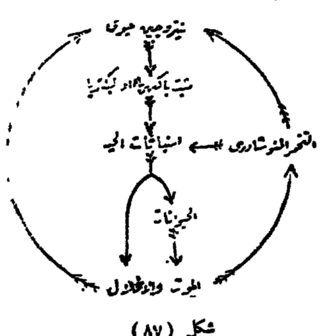


شكل (٨٦)

وينتقل النيتروجين من النبات إلى الحيوانات التى تقتات بها وعند ماتموت هذه الحيوانات ويعترى جسمها الانحلال يتصاعد منها النيتروجين إلى الجو ومنه ينتقل إلى النبات فتتجدد الدورة وهكذا

وأثناء حياة الحيوان يتحول جزء من النيتروجين فى جسمه إلى مدة تسمى البولينا يفرزها الحيوان فى بوله . ويستخدم بول الحيوانات فى تحضير السماد البلدى المعروف باسم « سماد الاصطبلات » ومن هذا السماد ينتقل النيتروجين إلى النبات ومنه إلى الجو كما بينا سابقاً فتتجدد الدورة

وقد تترك بعض المواد العضوية (من نبات أو حيوان) فى الأراضى الزراعية فتتعفن ويعتريها مايسمى « بالتخمر النشادرى » الذى يتولد عنه مواد نيتروجينية يتصاعد بعضها فى الجو (كالنيتروجين الخالص والنشادر) ويتحول البعض الآخر بواسطة البكتريا الموجودة فى الأرض إلى حامض نيتروز ثم إلى حامض نيتريك وهذا يتحد بالأملاح الموجودة فى التربة الزراعيـــة ويحولها إلى نيترات فيمتصها النبات وبهذا ينتقل النيتروجين إلى النبات ثم إلى الجو فتتجدد الدورة



شكل (٨٧)

ويرى مما تقدم أن النيتروجين الجوى فى دورة مستمرة ويمكن تلخيص العمليات التى تحدث فى دورته كما فى (شكل ٨٧)

أسئلة

١ — اشرح تجربة يمكن أن تحصل بها على الأوكسيجين من حامض النيتريك

٢ — اشرح تجارب تظهر بها أن كلا من حامض النيتريك وملح البارود عامل تأكسد قوى

٣ — كيف تجهز نيترات الرصاص ونيترات البوتاسيوم وتحصل عليهما متبلرين ؟

٤ — اشرح ماتعمله لمعرفة فعل (١) حامض النيتريك المخفف (٢) حامض النيتريك المركز فى النحاس — ما النتائج التى تحصل عليها فى كل حالة ؟

٥ — اشرح ماتعمله للحصول على مقدار صغير من حامض النيتريك إذا أعطى لك مقدار من ملح البارود. وارسم الجهاز الذى تستخدمه فى ذلك — ماذا تشاهد عند إسقاط (١) قطع من الخارصين و (٢) فحم نباتى متقد فى الحامض المركز ؟

٦ — اشرح بالتفصيل فعل الحرارة فى نيترات كل من الفلزات الآتية : النحاس . الرصاص . البوتاسيوم

٧ — اشرح ماتعمله للحصول على بلورات من نيترات الأمونيوم — ما الغاز الذى يتولد عند تسخين هذه المادة ؟

٨ — كيف تثبت وجود نيترات مذابة فى سائل يعطى لك ؟

٩ — اذكر أسماء بعض نيترات شهيرة وما لكل منها من المنافع

١٠ — ما تأثير الحرارة فى مزيج من نيترات الصوديوم وكلوريد الأمونيوم

١١ — اشرح تأثير الحرارة فى حامض النيتريك

١٢ — ما فعل حامض النيتريك فى كل من المواد الآتية : الخشب . الورق . المطاط ؟

١٣ — كيف تثبت بالتجربة أن النشادر يحتوى على كل من النيتروجين والايدروجين ؟

١٤ — اشرح طريقتى تحضير النشادر وحامض النيتريك فى المعمل

١٥ — اشرح تجارب تبين بها ما يأتى :

أولا — حامض النيتريك عامل مؤكسد

ثانياً — النشادر عامل اختزال

١٦ — كيف تستحضر محلول نسلر وما فائدته فى المعمل ؟

١٧ — لماذا لا يصح تجفيف غاز النشادر بواسطة حامض الكبريتيك .

١٨ — يقال إن النيتروجين الجوى فى دورة مستمرة . اشرح ذلك باسهاب

١٩ — كيف أمكن تحضير نيترات الكالسيوم باستخدام النيتروجين الجوى؟

٢٠ — لماذا يفرقع البارود فى البندقية عند ما يضغط عليه الزناد ؟

٢١ — بم تفسر عدم تصاعد الايدروجين عند تفاعل حامض النيتريك مع الفلزات ؟

٢٢ — اشرح ثلاث طرق مختلفة بها يمكنك تحضير نيترات النحاس

٢٣ — اذكر أسماء ثلاثة مفرقعات نيتروجينية واذكر باختصار كيف يستحضر كل منها

٢٤ — اشرح ثلاث طرق مختلفة بها يمكن تحويل النيتروجين الجوى إلى سماد نيتروجينى

٢٥ — ما أهم النيترات الطبيعية وأين توجد وما فائدة كل منها ؟

الباب الثالث عشر

أكاسيد النيتروجين

للنيتروجين خمسة اكاسيد مبينة فى الجدول الآتى :

اسم الأوكسيد	قانونه	نسبة الأزوت وزناً	نسبة الأوكسجين وزناً
أول أكسيد النتروجين (أكسيد النتروز)	ن٢أ	١٤ جزءاً	٨ أجزاء
ثانى » » (أكسيد النتريك)	ن أ	١٤ »	١٦ جزءاً
ثالث » » (أنهيدريد النتروز)	ن٢أ٣	١٤ »	٢٤ »
رابع » » (فوق أكسيد النتروجين)	ن٢أ٤	١٤ »	٣٢ »
خامس » » (أنهيدريد النتريك)	ن٢أ٥	١٤ »	٤٠ »

ويلاحظ أن الأول والثالث والخامس من هذه الأكاسيد هى أكاسيد حمضية أو أنهيدريدات إذ ينتج عنها مع الماء حوامض وتمثلها المعادلات الآتية:

أ) ن٢أ + يد٢أ = ٢ يد ن أ (حامض الهيبونتروز)

ب) ن٢أ٣ + يد٢أ = ٢ يد ن أ٢ (« الأزوتوز)

ج) ن٢أ٥ + يد٢أ = ٢ يد ن أ٣ (« النتريك)

والحامضان الأولان مركبان غير ثابتين يتعذر الحصول على أحدهما فى حالة الانفراد ، أما الثالث فهو الحامض النتريك المعروف

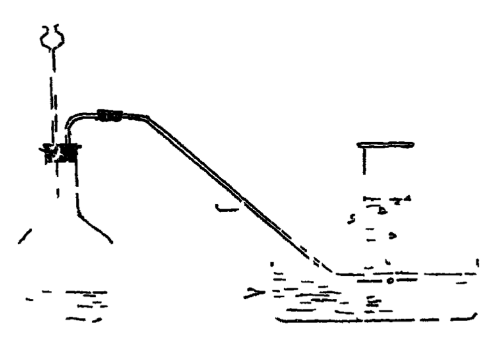
وتتكون مقادير صغيرة من بعض هذه الأكاسيد إذا مرت شرارات كهربائية متتابعة فى مزيج من النتروجين والأوكسجين . ولذلك توجد آثار من حمض النتروز وحمض النتريك فى الجو وفى ماء المطر.

أوكسيد النيتريك (Nitric Oxide)

استحضاره :

تدريب ١

أعد الجهاز الذى تراه فى (شكل ٨٨) واجعل فى القارورة (ا) بضعة جرامات من جرامة النحاس .



شكل (٨١)

وجهز فى كأس مزيجاً من حجمين متساويين من حمض النيتريك المركز والماء .

صب الحامض المخفف على النحاس (من قمع ا) يحدث فى الدورق تفاعل سريع ويصعد فيه غاز أحمر برتقالى . ويتكون فيه محلول أزرق وبعد برهة تختفى الأبخرة الحمراء ويصفو الدورق فعندئذ نكس مخباراً (د) مملوءاً بالماء فوق طرف أنبوبة توصيل (ب) المغمورة فى حوض مملوء ماء . و[illegible] فى المخبار [illegible] . ومتى امتلأ [illegible] ومدّ غيره بعض [illegible]. [illegible] [illegible]

يجهز أوكسيد النيتريك بتأثير فلز النحاس فى حامض النيتريك المخفف ويمثل التفاعل بالمعادلة .

[٣ نح + ٨ يد ن ا$_{٣}$ = ٣ نح (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ٤ يد$_{٢}$ ا + ٢ ن ا]

إلا أنه يلاحظ أن الغاز الحادث من هـذا التفاعل لا يكون نقياً إذ يكون مختلطاً ببعض أكاسيد نيتروجينية أخرى تنتج من اختزال الحامض ويمكن الحصول على الغاز النقى بتسخين مزيج من محلول كبريتات الحديدوز ونيترات البوتاسيوم وحامض الكبريتيك المخفف فى قارورة ويجمع الغـاز كما فى التدريب السابق . ويمثل التفاعل فى هـذه الحالة بالمعادلات الآتية :

أولا : ٢ بو ن ا$_{٣}$ + ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ٢ بو يد كب ا$_{٤}$ + ٢ يد ن ا$_{٣}$

ثانياً : ٦ ح كب ا$_{٤}$ + ٣ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ٣ ح$_{٢}$ (كب ا$_{٤}$)$_{٣}$ + ٦ يد

ثالثاً : ٦ يد + ٢ يد ن ا$_{٣}$ = ٤ يد$_{٢}$ ا + ٢ ن ا

بعض أوصاف أوكسيد النيتريك وخواصه :

تدريب ٢*

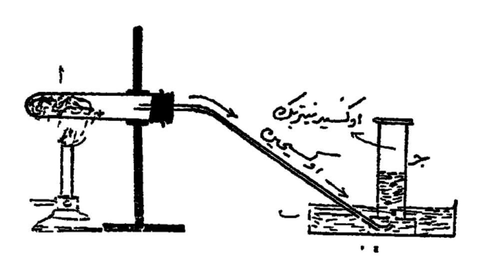
ا — اختبر فى مخـابير الغـاز التى ملأتها ، تجد أن الغاز فيها شف لا لون له . انزع الغطاء عن أحد المخابير ، تشاهد حدوث أبخرة حمراء برتقالية تملأ المخبار بسرعة

ب — املأ نصف مخبار بغاز أوكسيد النيتريك ، ونكسه فى حوض ماء . تلاحظ أن الماء فيه لا يتغير سطحه . أدخل فى المخبار بضع فقاقيع من الهواء ببطء ، تتكون فيه أبخرة برتقاليـة حمراء لا تلبث أن تختفى ويعلو الماء فى المخبار قليلا . واستمر بدخل الهواء إلى أن يمتنع تـكون تلك الأبخرة ، يتخلف فى المخبار غاز شف يسهل التحقق من أنه النيتروجين

حـ — املأ مخباراً بغاز النيتروجين ونكسه فوق آخر مملوء بأوكسيد النيتريك . لا تشاهد أى فنادرة تدل على حدوث تفاعل بين الغازين

أعد نفس العمل واستعمل بدل مخبار النيتروجين مخباراً مملوءاً بأوكسيجين صاف ، تشاهد تكون تلك الأبخرة الحمراء فى المخبارين .

د — املأ مخباراً بأوكسيد النيتريك ونكسه فى حوض ماء وأدخل فيه فقاقيع من الأوكسيجين واحدة بعد أخرى بحذر وعناية بحيث تترك فترة من الزمن تمر بين كل فقاعة وأخرى ، فتتكون فى المخبار أبخرة حمراء برتقالية تذوب فى الماء الذى يعلو فى المخبار تدريجاً (شكل ٨٩) . وإذا كان الغاز نقياً فإن الماء يمكن أن يرتفع حتى يملأ المخبار كله



(شكل ٨٩)

أكسيد النيتريك غاز صاف لا لون له ؛ إذا عرض للهواء تحول إلى أبخرة حمراء برتقالية هى فوق أوكسيد النيتروجين . ونستنتج من التدريب السابق أن أوكسيد النيتريت عند تعرضه للهواء يتحد بأوكسيجينه فقط ويترك النيتروجين خالصاً . وبهذا يسهل فهم سبب تكون فوق أوكسيد النيتروجين فى المخبار عند تحضير أوكسيد النيتريك فى تدريب ٢ ثم زواله بعد مدة قصيرة . ومن سبب ذلك لأن أوكسيد النيتريك فى أول تكونه يتحد بالهواء فى المخبار فيتحد بما فيه من أوكسيجين مكوناً فوق أوكسيد النيتروجين ؛ ويستمر ذلك إلى أن يستنفد كل هذا الأوكسيجين فيقف تكون الأبخرة الحمر ويطرد ما تكون منها باستمرار توليد غاز أوكسيد النيتريك . فتنفذ هذه الأبخرة ملونة

إلى ماء الحوض فتـذوب ويزول أثرها وبذلك يصفو الدورق . ويمثل اتحـاد أوكسيد النيتريك بالأوكسيجين بالمعادلة

$$[\ ٢\ \text{ن ا} + \text{ا}_{٢} = ٢\ \text{ن ا}_{٢}\ ]$$

وأوكسيد النيتريك غاز شحيح الدوبان فى الماء ، ولذا يسهل جمعه فوق الماء . وهو أثقل قليلا من الهواء

تدريب ٣*

ا — اغمس فى أحـد المخابير المملوءة بالغاز شمعـة مشتعلة رفيعة ، تجدها تخمد فى الحال ولا يشتعل الغاز فى المخبار .

ب — ألهب قطعة من الـكبريت على ملعقة احتراق ، ثم أغمرها فى مخبار مملوء بأوكسيد النيتريك ، تر الـكبريت ينطفىء بسرعة .

حـ — أدل قطعة من الفوسفور ملتهبة بشدة (فوق ملعقة احتراق) فى مخبار مملوء بالغاز . وأحكم سد المخبار بغطاء الملعقة ، تشاهد أن قطعة الفوسفور تسـتمر على الاحتراق كما لو كانت فى الهواء ، وتزول شـيئاً فشيئاً ، ويمتلىء المخبار بمسحوق أبيض

متى انتهى احتراق الفوسفور نـكس المخبار فى حوض ماء بعـد أن تخرج الملعقة تر الماء يندفع فى المخبار ويعلو فيه إلى منتصف ارتفاعه ثم يقف اندفاعه ولو مكث المخبار طويلا دلالة على أن الغاز المتخلف فى المخبار عديم الدوبان .

اكشف عن هذا الغاز تتحقق من أنه نيتروجين .

اكشف عن الماء الباقى فى المخبار بورقة عباد شمس زرقاء تجدها تحمر دلالة على وجود مادة حمضية بالماء فى ... ء

غاز أوكسيد النيتريك لايحترق فى الهواء ولا يساعد على استمرار احتراق ... . الشمعة المشتعلة والكبريت الملتهب ينطفئان فى الغاز ، ... الفوسفور المحترق بشدة ... يستمر على الاحتراق فى ... هذا

الغاز ، إذ يقوى على تحايل الغاز ؛ فيتحد بما فيه من الأوكسيجين مكوناً لخامس أوكسيد الفوسفور ويبقى النيتروجين

تمرين ٤

أمرر غاز أوكسيد النيتريك فى قليل من محلول بارد لكبريتات الحديدوز فى أنبوبة اختبار حتى يتشبع المحلول من الغاز ؛ تلاحظ أن المحلول يتغير لونه فيصير أسمر .

سخن المحلول الحادث ؛ ولاحظ ما يتكون من أبخرة حمراء برتقالية تنتج من اتحاد أوكسيجين الهواء بأوكسيد النيتريك المنفصل من المحلول السائل .

يتحد أوكسيد النيتريك مع كبريتات الحديدوز ويتكون منهما مركب غير ثابت الذوبان فى الماء سهل الانحلال بالحرارة . ويستخدم تكون هذا المركب فى الكشف عن حمض النيتريك وأملاحه فيدل على تكون منطقة سمراء .

أوكسيد النيتروز (Nitrous Oxide)

أولا : ستحضاره

تمرين ٥

ضع قدر ٢٠ جم من نيترات الأمونيوم فى قارورة أو أنبوبة اختبار واسعة متينة مزودة بأنبوبة توصيل متسعة قليلا (شكل ٩٠) . وسخن



شكل (٩٠)

النيترات حتى تبدأ فى الانحلال ثم أبعد النار عند ابتداء تولد غاز ، واجمع الغاز باحلاله فى المخابير محل ماء ساخن . وأوقف العمل عندما يتم انحلال نصف الملح أو ثلثيه وإلا فقد يحدث انفجار خطير .

[لاحظ أن تكون القارورة أو أنبوبة الاختبار مثبتة فى وضع أفقى حتى تأمن من خطر كسرها إذا عاد إليها الماء المتكاثف] .

ينبعث أوكسيد النيتروز عنـد إذابة الخارصين فى حامض النيتريك المخفف . إلا أن الغاز يحضر عادة بتسخين نيترات الأمونيوم إذ ينحل هذا الملح إلى ماء وأوكسيد نيتروز وفقاً للمعادلة .

[ن يد$_٤$ ن ا$_٣$ = ٣ يد$_٢$ ا + ن$_٢$ ا] . وأول من استكشف هذا الغاز هو بريستلى سـنة ١٧٧٢ وقد استكشف دافى (Davy) فى الغـاز خاصة التخدير الخفيف إذا استنشق مع الهواء أما إذا استنشق خالصاً فانه يحدث عدم الشعور وفقـد الاحساس ويسبب الضحك ولذا أسماه الغـاز المضحك ؛ ولهذه الخاصة استعمل الغاز فى العمليات الجراحيـة البسيطة مثل اقتلاع الأسنان .

ثانيا : بعض خواص الغاز وأوصافه

تدريب ٦*

ا — نكس مخبـاراً مملوءاً بالغاز فى حوض ماء بارد ، تجد أن المـاء يرتفع تدريجاً فى المخبار حتى يكاد يملؤه .

ب — زج شمعة صغيرة مشتعلة فى مخبار من الغـاز ، تجدها تزداد توهجاً . وكذلك تلتهب الشظية المتقدة من نقطة فيها اذا غمرت فى الغاز .

حـ — أدل قطعة من الكبريت بادئة فى الاحتراق (على ملعقة احتراق) فى جوف مخبـار مملوء بالغاز ، تجد أنها تخمد وتنطفىء ؛ أما إذا كان الكبريت مشتعلا بشـدة فانه يستمر على الاحتراق كما لو كان فى الهواء ويتكون منه غاز ثانى أوكسيد الكبريت . وإذا اعدت العمل بقطعة من

الفوسفور ملتهبة بشدة فان الفوسفور يستمر أيضاً على الاحتراق مكوناً لخامس أوكسيد الفوسفور .

د — نكس مخباراً مملوءاً بأوكسيدالنيتريك فوق آخر مملوء بأوكسيد النيتروز . وانزع غطاءى المخبارين لا تشاهد أى ظاهرة تدل على اتحاد الغازين . وازن ذلك بما فى تدريب ٢ ج .

أوكسيد النيتروز غاز شف عديم اللون ذو رائحة مقبولة وطعم حلو خفيف . وهو أثقل من الهواء مرة ونصف مرة ويذوب فى الماء البارد بسهولة وتقل قابليته للذوبان كلما ارتفعت درجة الحرارة ، ولهذا السبب لا يجمع الغاز فوق الماء البارد وإنما يجمع فوق ماء ساخن أو فوق زئبق . وقد أمكنت إسالة الغاز بالضغط والتبريد ، ويستعمل سائله عند أطباء الأسنان ، وهو سائل أخف من الماء يغلى فى (— ٩٠° م) والغاز لا يحترق وإنما يساعد على استمرار الاحتراق ، ويلهب الشظية المتقدة كالأوكسيجين وكثيراً ما يلتبس به لوجود أوجه الشبه الآتية بينهما :

أولاً — كلاهما شف لا لون له

ثانياً — كلاهما يساعد على استمرار احتراق المواد بشدة أكثر منها فى الهواء

ثالثاً — كلاهما يلهب الشظية المتقدة من نقطة فيها

رابعاً — إذا احترقت مادة فى أحدهما تكون لها أوكسيد

إلا أنه يمكن تمييز أحد الغازين عن الآخر بما يأتى :

أولاً — أوكسيد النيتروز أثقل من الأوكسيجين

ثانياً — أوكسيد النيتروز له رائحة مقبولة وطعم حلو وليس للأوكسيجين طعم ولا رائحة

ثالثاً — أوكسيد النيتروز تخمد فيه قطعة كبريت بدئة فى الاحتراق أما الأوكسيجين فيساعدها على استمرار الاحتراق بشدة

رابعاً — عندما تحترق مادة فى أوكسيد النيتروز يتخلف نيتروجين . ولا يحدث هذا مع الأوكسيجين

خامساً — إذا مزج الأوكسيجين مع أوكسيد النيتريك يتكون فوق أوكسيد النيتروجين ذو اللون الأحمر ولا يحدث ذلك إذا مزج أوكسيد النيتروز بأوكسيد النيتريك

سادساً : إذا استنشق أوكسيد النيتروز فانه يحدث تخديراً ، أما الأوكسيجين فيحدث عكس ذلك .

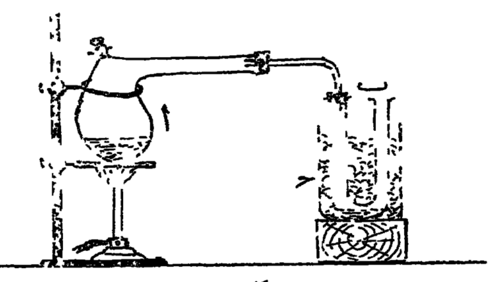
سابعاً : أوكسيد النيتروز أسهل إسالة من الأوكسيجين .

فوق أوكسيد النيتروجين (Nitrogen Peroxide)

أولا : استحضاره

تدريب ٧ *

(ا) ضع قليلا من نيترات الرصاص المتبلر الجاف فى أنبوبة اختبار واسعة متينة أو فى معوجة من الزجاج (ا) واجعل للأنبوبة أو المعوجة سداداً تنفذ منه أنبوبة على هيئة زاوية قائمة يتدلى ضلعها الخالص فى مخبار



شكل (٩١)

من زجاج . وسخن النيترات تلاحظ أنه يفرقع ويتناثر لتكسر البلورات من اختلاف تمددها بالحرارة ، وتنفصل منها أبخرة حمراء برتقالية تتجمع فى المخبار لثقلها عن الهواء وهذه الأبخرة تسمى فوق أوكسيد النيتروجين صل الأنبوبة القائمة بأنبوبة ذات شعبتين (ب) مغمورة فى كأس

(ج) به مزيج مبرد من الملح والثلج؛ ووالِ تسخين النيترات تشاهد أن تلك الأبخرة الحمراء تتكاثف فى أنبوبة الشعبتين من أثر التبريد وتظهر بشكل سائل ذى اصفرار (شكل ٩١)

قرب من الطرف الخالص لأنبوبة الشعبتين شظية طرفها متقد تلاحظ أنها تلتهب دلالة على خروج غاز الأوكسيجين من ذلك الطرف.

ومتى تم انحلال النيترات ووقف انبعاث الأبخرة والأوكسيجين منه افحص ما يتخلف فى المعوجة تجده مسحوقا أصفر هو الذى يعرف باسم الأوكسيد الأصفر للرصاص أو المرتك الذهبي.

(ب) ضع فى قارورة وولف بضعة جرامات من خراطة النحاس. وصب عليها ما يغشيها من حامض النيتريك المركز، تلاحظ سرعة تأثر النحاس بالحامض ووفرة ما ينبعث وينفصل من الأبخرة الحمراء (فوق أوكسيد النيتروجين). واختفاء النحاس بالتدريج وتلون السائل فى القارورة بلون أزرق. كذلك تلاحظ أن الأبخرة الحمراء لا تزول من القارورة مدة دوام التفاعل مستمراً فيها؛ وذلك دليل على عدم تكون أوكسيد النيتريك عند ما يكون الحامض مركزاً.

تجمع من هذه الأبخرة عدة مخابير بإزاحة الهواء منها، وعليك الحذر أن تستنشق شيئاً منها.

يتكون فوق أوكسيد النيتروجين عند اتحاد أوكسيد النيتريك بالأوكسيجين. ويحضر هذا الغاز عند تسخين النيترات غير النقية. مثل نيترات الرصاص. فتنحل الى الأوكسيجين وفوق أوكسيد النيتروجين وأوكسيد رصاص أصفر وهاك المعادلة

[٢ ر (ن ا٣)٢ = ٢ ر ا + ٤ ن ا٢ + ا٢]

ويفصل الأوكسيجين عن فوق أوكسيد النيتروجين بمروره فى أنبوبة ذات شعبتين محاطة بمزيج مبرد فيتكاثف فوق أوكسيد النيتروجين فى سائل. أما الأوكسيجين فيخرج خالصاً. إلا أن فصل

طريقة لتجهيز مقـدار وافر من فوق أوكسـيد النيتروجين هى بتأثير حامض النيـتريك المركز فى النحاس (أو الخارصين) . ويعبر عن هذا التأثير هكذا :

$$\text{نح} + ٤\ \text{يدن ا}_{٣} = \text{نح}\ (\text{ن ا}_{٣})_{٢} + ٢\ \text{يد}_{٢}\text{ا} + ٢\ \text{ن ا}_{٢}$$

ثانياً : بعض أوصاف فوق أوكسيد النيـتروجين وخواصه

فوق أوكسيد النيتروجين فى درجة الحرارة العادية غاز أحمر برتقالى أثقل من الهواء قابل للذوبان فى الماء . وهو سام يحدث استنشاقه صداعا شـديداً مؤلماً ولذلك يحسن استحضاره (أو تسخين المواد التى ينفصل منها) فى خزانة الغازات حتى لا يمتلىء به جو المعمل .

وهو لايشتعل ولا يسـاعد على استمرار الاشتعال العادى فتنطفىء فيه الشمعة أو الكبريت البادىء فى الاحتراق ، أما الفوسفور المحترق بشدة فانه يحلله فيتحد بما فيـه من أوكسيجين مكونا لخامس أوكسيد الفوسفور وينفصـل النيتروجين خالصاً ، وفى ذلك دليل على أن فوق أوكسيد النيتروجين مكون من عنصرى النيتروجين والأوكسيجين .

وإذا برد فوق أوكسيد النيتروجين فانه يتحول بسرعة إلى سائل ذى اصفرار خفيف ، وهذا السائل يقتم لونه بارتفاع درجة حرارته حتى أنه يصير فى الدرجة العادية أصفر برتقاليا . وهو يغلى فى ٢٢°م ويتحول عندها إلى بخار ثقيل أسمر .

فوق أوكسيد النيتروجين والماء

تدريب ٨*

(ا) مرر فوق أوكسـيد النيتروجين فى ماء مثلوج بكأس ، تر الغاز يذوب .

اكشف عن المـاء بورقة عباد شمس زرقاء ، تجدها تحمر دلالة على وجود مادة حمضية فيه .

خذ قليلا من هذا المحلول فى أنبوبة اختبار وأضف إليه قليلا من محلول يوديد البوتاسيوم تلاحظ تلون المزيج بلون أحمر دلالة على انفصال اليود فيه وإذا أضفت إلى المزيج بعد ذلك بعض محلول النشادر فانه يزرق

(ب) أمرر فوق أوكسيد النيتروجين فى ماء ساخن ، واكشف عن وجود حامض النيتريك فى المحلول.

(حـ) نكس مخباراً مملوءاً بفوق أوكسيد النيتروجين فى حوض به محلول صودا كاوية (أو بوتاسا) تشاهد سرعة اندفاع المحلول فى المخبار واختفاء اللون الأحمر المميز لفوق أوكسيد النيتروجين

ينحل فوق أوكسيد النيتروجين بالماء وتختلف طريقة انحلاله باختلاف الظروف فمع الماء البارد يتكون حامضان هما حامض النيتريك وحامض النيتروز وفقاً للمعادلة

٢ ن أ$_٢$ + يد$_٢$ أ = يد ن أ$_٣$ + يد ن أ$_٢$

والحمض الأخير هو الذى يفصل اليود من يوديد البوتاسيوم فى العملية من التدريب السابق . أما إذا كان الماء ساخناً تكون حمض النيتريك فقط وينفرد أوكسيد النيتريك

٣ ن أ$_٢$ + يد$_٢$ أ = ن أ + ٢ يد ن أ$_٣$

ويعلل ذلك بسهولة انحلال حامض النيتروز فى الماء الساخن (٣ يد ن أ$_٢$ = يد ن أ$_٣$ + ٢ ن أ + يد$_٢$ أ) إذ يتحول إلى حمض نيتريك وأوكسيد نيتريك

ويدل تفاعل الغاز مع الماء البارد على أن فوق أوكسيد النيتروجين هو انهدريد مزدوج إذ يتكون منه مزيج من حمضين . ويؤكد هذه النتيجة تأثير الغاز فى القلويات الكاوية حيث يتكون مزيج من نيتريت ونيترات فمع الصودا الكاوية مثلا يتكون نيتريت الصوديوم ونيتراته

(٢ ص يد + ٢ ن أ$_٢$ = ص ن أ$_٣$ + ص ن أ$_٢$ + يد$_٢$ أ)

ثالث أوكسيد النيتروجين (Nitrogen Trioxide)

أولا : استحضاره

تدريب ٩*

أعد جهازاً كالمبين بشكل ٩١ مستعيضاً عن المعوجة بأنبوبة اختبار واسعة متينة وضع فى الأنبوبة بعض الزرنيخ الأبيض (ثالث أوكسيد الزرنيخ) وحامض نيتريك مركز . سخن الخليط يتكون حامض الزرنيخيك [يد$_3$ ز ا$_4$] وتنبعث أبخرة حمراء . برد هذه الأبخرة بالمزيج المبرد ؛ يتكاثف فى أنبوبة الشعبتين سائل أخضر قاتم يحوى ثالث أوكسيد النيتروجين

إذا مزج حجمان متساويان من أوكسيد النيتريك وفوق أوكسيد النيتروجين . وأمر مزيجهما فى أنبوبة ذات شعبتين مبردة إلى (ـ ٣٠ م) فان هذين الغازين يتحدان ويتكون منهما سائل ذو لون أخضر قاتم يسمى ثالث أوكسيد النيتروجين [ن ا + ن ا$_2$ = ن$_2$ ا$_3$]

إلا أن أفضل طريقة لاستحضار هذا الأوكسيد أن يسخن حامض النيتريك المركز مع الزرنيخ الأبيض (ثالث أوكسيد الزرنيخ) فينبعث مزيج من أوكسيد النيتريك وفوق أوكسيد النيتروجين فيمرر فى أنبوبة ذات شعبتين مغمورة فى مخلوط مبرد فيتحد الغازان مكونين لثالث أوكسيد النيتروجين . ويمثل التفاعل فى هذه العملية بالمعادلة [ز$_2$ ا$_3$ + ٢ يد ن ا$_3$ + ٢ يد$_2$ ا = ن$_2$ ا$_3$ + ٢ يد$_3$ ز ا$_4$]

ثانياً : خواصه

ثالث أوكسيد النيتروجين سائل ذو لون أخضر زيتونى قاتم غير ثابت إذا سخن فوق (ـ ٢١° م) ينحل إلى أوكسيد نيتريك وفوق أوكسيد النيتروجين . ويذوب ثالث أوكسيد النيتروجين فى الماء البارد مكوناً حامض يسمى حامض النيتروز (ن$_2$ ا$_3$ + يد$_2$ ا = ٢ يد ن ا$_2$) ، ولذا

يسمى هذا الأوكسيد باسم أندريد حامض النيتروز ؛ أما إذا كان المـاء ساخناً فان هذا الحامض ينحل إلى أوكسيد نيتريك وحامض نيتريك

حامض النيتروز والنيتريتات Nitrous & Acid Nitrites

علمنا فيما تقدم أن الحرارة تحلل نيترات البوتاسيوم (أو الصوديوم) فيخرج منه غاز الأوكسيجين ويتخلف ملح أبيض يسمى نيتريت البوتسيوم (أو الصوديوم) ؛ وهذان الملحان المتخلفان هما فى الحقيقة ملحان من أملاح الحمض المعروف بحامض النيتروز .

ويحضر هـذا الحمض من أملاحه بتأثير الأحماض الأخرى الأقل منه تطايراً ؛ فإذا أضيف حامض أيدروكلوريك مثلا إلى محـلول نيتريت الصوديوم تكون كلوريد الصوديوم وحامض نيتروز وفقاً للمعادلة

[ص ن ا$_2$ + يد كل = ص كل + يد ن ا$_2$]

إلا أن حامض النيـتروز لا يمكن الحصول عليه إلا فى المحاليل المخففة إذ ينحل بسرعة فى درجـة الحرارة العادية إلى حامض نيتريك وأوكسيد نيتريك وماء [٣ يد ن ا$_2$ = يد ن ا$_3$ + ن ا + يد$_2$ ا]

وكـذلك يتكون حمض النيتروز مع حمض النيتريت إذا أذيب فوق أوكسيد النيتروجين فى الماء البارد أما إذا مر فوق أوكسـيد النيتروجين فى محلول قوى مثل الصودا الكاوية فإن الحمضين المكونين من تفاعل الأوكسيد والماء يتعادلان مع الصودا مكونين النيترات ونيتريت الصوديوم

والنيتريتات هى أملاح حامض النيتروز وتحدث من حلول فلز محل أيدروجين الحمض . وكلها قابلة للذوبان فى الماء ما عدا نيتريت الفضـة فهو شحيح الذوبان .

ويستحضر نيتريت البوتاسيوم بتسخين ملح البارود ؛ ويكون انحلال هـذا الملح أسرع إذا سخن مع الرصاص . إذ يتحد الرصاص بما ينفصل من الأوكسيجين الملح مكوناً الأوكسيد الرصاص ويبقى نيتريت

البوتاسيوم الذى يفصل بالاذابة والترشيح والتبلر

[بو ن ا٣ + ر = ر ا + بو ن ا٢]

وبمثل هذه الطريقة يحضر نيتريت الصوديوم أيضاً .

أما النيتريتات التى لا تذوب فى الماء فتحضر عادة من نيتريت الصوديوم أو البوتاسيوم بالترسيب فاذا أريد تجهيز نيتريت الفضة مثلا يضاف محلول نيتريت الصوديوم إلى محلول ملح من أملاح الفضة فيحدث تبادل مزدوج يرسب من أثره نيتريت الفضة لقلة ذوبانه .

ويجهز نيتريت الأمونيوم بتفاعل نيتريت الصوديوم مع كلوريد الأمونيوم .

وتتميز النيتريتات عن النيترات بما يأتى : —

أولا : إذا أضيف حامض الكبريتيك المخفف إلى أى نيتريت تكون حامض النيتروز الذى ينحل بسرعة فيتصاعد منه أوكسيد النيتريك الذى يتحد مع أوكسيجين الهواء مكوناً لأبخرة فوق أوكسيد النيتروجين ذى اللون الأحمر وهذه الأبخرة لا تظهر من النيترات إلا إذا سخنت مع حامض الكبريتيك المركز .

ثانياً : إذا أضيف حامض الكبريتيك المخفف إلى محلول نيتريت ثم أضيف لمزيج محلول يوديد البوتاسيوم انفصل اليود بلونه الأسمر المحمر ، وإذا كان اليوديد ممزوجا بالنشا ازرق المزيج .

ثالثاً : إذا أضيف محلول كبريتات الحديدوز باحتراس إلى أنبوبة اختبار تحوى محلول نيتريت ظهرت عند ملتقى المحلولين حلقة سمراء وهذه لا تتكون مع النيترات إلا باضافة حامض الكبريتيك المركز أيضاً .

خامس أوكسيد النيتروجين (Nitrogen Pentoxide)

أول من حضر هذا الأوكسيد هو ديفيل (Deville) سنة ١٨٤٩ وذلك بإمرار تيار من الكلور الجاف فوق نيترات فضة جافة فى درجة

حرارة منخفضة (٢ ف ن ا$_{٣}$ + ٢ كل$_{٢}$ = ٤ ف كل + ن$_{٢}$ ا$_{٥}$ + ا$_{٢}$)

ويمكن تحضيره من حامض النيتريك بنزع عنصرى الماء منه بوساطة مادة مجففة قوية مثل خامس أوكسيد الفوسفور ثم يفصل الأوكسيد من المخلوط بالتقطير ٢ يدن ا$_{٣}$ — يد$_{٢}$ ا = ن$_{٢}$ ا$_{٥}$

وخامس أوكسيد النيتروجين مادة بيضاء بلورية تنصهر فى (٣٠° م) ويغلى مصهورها فى (٤٥° م) . وهو غير ثابت ولا يمكن الاحتفاظ به طويلا إذ ينحل بسرعة مع حدوث فرقعة ؛ وينتج من انحلاله غاز الأوكسيجين وفوق أوكسيد النيتروجين [٢ ن$_{٢}$ ا$_{٥}$ = ٤ ن ا$_{٢}$ — ا$_{٢}$] . وهو شديد الميل للماء ويتحد به مكونا لحامض النيتريك ؛ ولذا فانه يسمى اندريد حامض النيتريك .

أسئلة

١ — اشرح بالتفصيل كيف تجهز ملء بضعة مخابير من أوكسيد النيتريك .

كيف تثبت أن هذا الغاز يحوى كلا من النيتروجين والأوكسيجين ؟ اشرح مع التفسير ما تراه يحدث عند تعرية مخبر مملوء بأوكسيد النيتريك ليتعرض للهواء .

٢ — اشرح ما تعمله للحصول على بورات من نترات الأمونيوم . ما الغاز الذى يحدث عند تسخين هذه البورات وماذا يتخلف منها بعد انفصاله ؟ ارسم الجهاز الذى تستخدمه فى تجهيز وجمع هذا الغاز . واشرح تجارب توضح أهم صفاته .

٣ — كيف تجهز بعض نيتريت البوتاسيوم . وفيم يختلف هذا الملح عن نيترات البوتاسيوم ؟

٤ — بم تعلل وجود أكسيد النيتروجين وحوامضه الأوكسيجينية وأملاحها فى الهواء وفى الأرض ؟

٥ — بأى تفاعلات كيميائية يمكن تميز الأزوتيتات عن الأزوتات ؟

٦ — كيف يحصل على رابع أوكسيد النيتروجين ؟

٧ — فى أى الظروف يكون فوق أوكسيد النيتروجين مساعداً على الاحتراق ؟ وما فعل الماء فيه ؟

٨ — كيف يمكن الحصول على أوكسيد النيتريك نقياً ؟ ما صفات هذا الأوكسيد وكيف يتميز عن أوكسيد النيتروز ؟

٩ — اشرح طريقتين يمكن بهما تحضير أوكسيد النيتروز واذكر أوصافه الطبيعية واشرح كيف تميز بينه وبين الاوكسيجين . فيم يتشابه هذان الغازان ؟

الباب الرابع عشر

الكبريت ومركباته

الكبريت :

الكبريت كثير الانتشار في أنحاء مختلفة من العالم حيث يوجد فيها إما منفرداً أو متحداً بغيره من المواد فيوجد على حالة انفراد مختلطاً بمواد أرضية في الأراضي البركانية خصوصاً في جزيرة صقلية التي تعد أهم مورد لهذا العنصر وفي بعض أراضي اليابان والولايات المتحدة – ويوجد الكبريت في الأرض متحداً ببعض الفلزات مكوناً لمركبات تعرف باسم الكبريتيدات وأهمها كبريتيد الحديد وكبريتيد النحاس وكبريتيد الرصاص كما أنه يدخل في تكوين الأملاح المعروفة باسم الكبريتات وأهمها الجبس (كبريتات الكالسيوم) والملح الانكليزي (كبريتات المغنيسيوم) – وينبعث الكبريت متحداً بالايدروجين على شكل غاز (كبريتيد الايدروجين) وبالأكسجين (ثاني أكسيد الكبريت) عند اضطراب البراكين ويدخل وجوده أيضاً في كثير من المواد العضوية مثل البصل والثوم والبيض

استحضار الكبريت :

الكبريت الطبيعي المستخرج من باطن الأرض يكون عادة مختلطاً بمواد غريبة وشوائب كثيرة تجب تنقيته منها وفصله عنها وينحصر عمل ذلك في أمرين

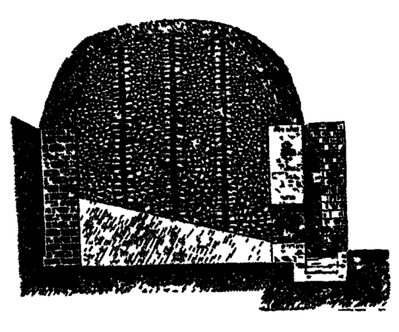
الأول : صهر الكبريت الخام وتحويله إلى سائل فيسهل فصله عن المواد الأرضية الممتزجة به

الثاني : تنقية الكبريت الناتج من العملية الأولى

العملية الأولى :

يستخرج الكبريت من باطن الأرض بأن تحفر في الأرض حفرات

عميقة يبلغ عمق الواحدة منها من مائتى إلى ثلاثمائة من الأقدام وتوضع الأتربة المحتوية على الكبريت فى سلال وترفع إلى سطح الأرض ويجعل منها كومات على سطوح مائلة (شكل ٩٢)



شكل (٩٢)

ويجعل فى كل كومة ثقوب رأسية للهواء وتغطى بعد ذلك بطبقة مانعة للهواء ثم توقد الأتربة فيحترق بعض الكبريت والحرارة الناشئة من الاحتراق تصهر ما بقى منه فيسيل الكبريت ويهبط ما ينصهر منه إلى قاع الكومة تاركا وراءه الأكدار التى كانت مختلطة به ويخرج من فتحة خاصة فيجمع فى أحواض ثم ينقى .

العملية الثانية : تنقية الكبريت :

ينقى الكبريت بعملة تقطير وتستعمل لهذا الغرض قاعات كبيرة (ح — شكل ٩٣) مبنية من الطوب الأحمر فيصهر الكبريت فى آنية من الحديد (ا) ويصب منها فى معوجة من الحديد (ب) وهناك يسخن بنار شديدة حامية حتى يغلى الكبريت ويتحول بخاراً ويتجه نحو فناء القاعة حيث يبرد فيتكاثف على جدرانها بشكل

تنقية الكبريت

شكل (٩٣)

مسحوق ناعم يعرف باسم (زهر الكبريت) وعند ما تسخن هذه القاعة يتحول البخار الذى يصل إليها إلى سائل يتجمع عند أسفل القاعة وهناك يجمع فى قوالب اسطوانية الشكل ويترك فيها ليبرد ويتصلب ويعرف باسم « كبريت العمود »

منافع الكبريت :

يستعمل الكبريت فى صناعة العيدان المعروفة باسم عيدان الكبريت وفى عمل البارود وفى صناعة حامض الكبريتيك ويستعمل فى الطب بشكل أدوية ومراهم ولاتلاف ميكروبات بعض الأمراض كالجرب ويفيد كثيراً فى قتل الحشرات الضارة بالكروم وبعض النبات

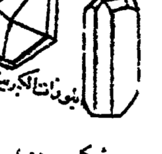
الأشكال المختلفة للكبريت

يوجد الكبريت على أشكال كثيرة إذ يمكن الحصول على نوعين متبلرين له وعلى أشكال أخرى غير متبلرة :

الكبريت المتبلر :

١ — الثمانى الشكل أو المعينى

هو أثبت أنواع الكبريت (لأن كثيراً من الأنواع الأخرى يمكن تحويلها إليه بسهولة) وهو عبارة عن بلورات ذات ثمانية أوجه كل وجهين يمثلان معيناً (شكل ١٩٤) ويوجد فى زهر الكبريت وكبريت العمود ويحصل على هذا النوع من بلورات بذوبان الكبريت فى محلوله فى ثانى كبريتيد الكربون



شكل ١٩٤

تدريب ١

أذب بعض كبريت العمود فى ثانى كبريتيد الكربون ثم صب

الذوب فى طق رحراح واتركه مدة تلاحظ ظهور بلورات إذا فحصتها بعدسة مكبرة تجدها ثمانية الشكل

والكبريت الموجود فى الطبيعة من هذا النوع وهو قابل للذوبان فى ثانى كبريتيد الكربون وكثافته (٢٫٠٤ جم) وينصهر فى درجة ١١٤°م

ب — الكبريت المنشورى

يمكن الحصول على هذا الشكل بتجمد الكبريت المنصهر — وهو عبارة عن بلورات منشورية تشبه الابر ذات لون أصفر ويذوب هذا النوع فى ثانى كبريتيد الكربون ويمكن ترسيبه بالشكل الثمانى

تدريب ٢*

صهر قليلا من كبريت العمود فى كأس أو بودقة من الفخار وحركه جيداً وأبعد اللهب عندما يصير الكبريت سائلا صافياً ذا لون أصفر فاقع واترك البودقة تتكون قشرة رقيقة فوق سطح السائل

اثقب هذه القشرة ثقبين بسرعة وصب الكبريت المنصهر من الكأس يتخلف على جدرانه بلورات من الكبريت منشورية الشكل (شكل ٩٥)

ويختلف هذا النوع عن سابقه فى أن كثافته (١٫٩٨) جم ودرجة انصهاره ١٢٠° وهو غير ثابت فلا يمكن الاحتفاظ به إلا بين درجة انصهاره ودرجة (٩٦°م) وإذا ترك ليبرد تحت هذه الدرجة الأخيرة فانه يتحول إلى النوع الثمانى

شكل (٩٥)

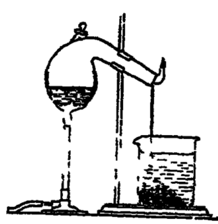
٢ — الكبريت الغير المتبلر :

ا — الكبريت الرخو

يحصل عليه بتبريد الكبريت المنصهر تبريداً فجائياً وهو عبارة عن خيوط رخوة ذات لون أصفر يمكن سحبها كما لو كانت من الصمغ المرن

تدريب ٣

ضع جزءاً من كبريت العمود فى معوجة مثبتة فى حامل (شكل ٩٦) واجعل تحت طرف المعوجة كأساً به ماء بارد وسخن المعوجة تلاحظ أن الكبريت ينصهر ويتحول إلى سائل صاف وإذا ما ازدادت درجة حرارته صار غرويا ثقيل القوام قاتم اللون ثم لا يلبث بارتفاع درجة الحرارة أن يصفو مرة أخرى ويغلى فاذا ما بدأ فى التقطير أشعل بخاره عند فوهة المعوجة ثم أملها حتى يتساقط الكبريت المنصهر إلى كأس الماء البارد فيجمد دفعة واحدة ويتكون منه (كبريت رخو)



شكل (٩٦)

وهذا النوع من الكبريت غير قابل للذوبان فى ثانى كبريتيد الكربون وكثافته (١٫٩٥) جم وهو فى الحقيقة سائل برد فجأة إلى ما دون درجة تجمده فلم يجد الوقت اللازم لتكوين البلورات وهو كالكبريت المنشورى غير ثابت فاذا ترك بضعة أيام تحول إلى كبريت أصفر غير متبلر

ب — الكبريت الاصفر الغير المتبلر

تدريب ٤

— افحص بواسطة عدسة مكبرة مظهر زهر الكبريت تجد أن جزءاً منه عبارة عن بلورات من الشكل الثمانى والباقى ليس له شكل بلورى .

ضع زهر الكبريت فى أنبوبة اختبار وصب فوقه بعضاً من ثانى كبريتيد الكربون ثم رج الانبوبة جيداً تلاحظ أن جزءاً من الكبريت قد ذاب

افصل الجزء الذى لم يذب (بالترشيح) وافحص ما يتخلف على ورقة الرشح بوساطة عدسة مكبرة فلا تجد له شكلا بلوريا

ب — أعد ما تقدم مستعملا كبريت العمود بدل زهر الكبريت تحصل على نفس النتائج

يستدل من هذا أن زهر الكبريت وكبريت العمود يحتويان على نوعين من الكبريت أحدهما متبلر بالشكل الثمانى والثانى غير متبلر يسمى (الكبريت الأصفر الغير المتبلر) وهذا هو نفس النوع الذى نحصل عليه من الكبريت الرخو إذا ترك بضعة أيام وهو غير قابل للذوبان فى ثانى كبريتيد الكربون وكثافته (١٫٩٦) جم

ج : الكبريت المرسب

الكبريت المستحضر بالتفاعلات الكيميائية يكون غير متبلر ويمكن الحصول عليه بطرق كثيرة أهمها ما يأتى :

أولا — لبن الكبريت :

يذوب الكبريت فى كبريتيد الأمونيوم مكونا لسائل أصفر يسمى كبريتيد الأمونيوم الأصفر فاذا أضيف حامض الأيدروكلوريك إلى هذا السائل تفاعل الحامض مع كبريتيد الأمونيوم ورسب الكبريت (لاختفاء المادة التى كانت مذيبة له) وظهر على شكل مسحوق أبيض لا يلبث أن يتحول إلى لون أصفر وهو قابل للذوبان فى ثانى كبريتيد الكربون ويسمى هذا النوع (لبن الكبريت) ويستعمل كثيراً فى الطب

ثانياً — الكبريت القابل للذوبان :

إذا أضيف حامض الايدروكلوريك إلى محلول كبريتات الصوديوم الكبريتى (المعروف بالملح الفوتوغرافى أو الهيبو) رسب الكبريت على شكل مسحوق

ناعم أبيض يتحول بعد زمن إلى لون أصفر ويعبر عن التفاعل بالمعادلة الآتية
(٢ يد كل + ص$_{٢}$ كب$_{٢}$ ا$_{٣}$ = ٢ ص كل + كب ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا + كب)

ويمكن الحصول عليه أيضاً بمزج محلول غاز ثانى أوكسيد الكبريت بمحلول غاز كبريتيد الايدروجين فيرسب الكبريت وفقاً للمعادلة الآتية :

(كب ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ كب = ٢ يد$_{٢}$ ا + ٣ كب)

وهذا النوع من الكبريت قابل للذوبان فى الماء وفى ثانى كبريتيد الكربون

خلاصة بخواص أنواع الكبريت :

فى الجدولين الآتيين خلاصة بأشكال الكبريت المتعددة وصفات كل منها.

	أنواع متبلورة	
	الثمانى	المنشورى
اللون	أصفر فاقع	أصفر كهربائى
الوزن النوعى	٢ر٠٤	١ر٩٨
التماسك	سهل الكسر	سهل الكسر
الشكل البلورى	ثمانى	منشورى
درجة الانصهار	١١٤°م	١٢٠°م
القابلية للذوبان	يذوب فى ثانى كبريتيد الكربون	يذوب فى ثانى كبريتيد الكربون
ملاحظات أخرى	ثابت تحت درجة ٩٦°م	يتحول إلى الثمانى تحت درجة ٩٦°م

	أنواع غير متبلورة			
	الرخو	الأصفر	لبن الكبريت	القابل للذوبان
اللون	أسمر كهرماني	أصفر	أبيض ذو صفرة	أبيض ذو صفرة
الوزن النوعي	١٫٩٥	١٫٩٦		
التماسك	رخو ثقيل القوام	مسحوق	مسحوق	مسحوق
الشكل	غير متبلر	غير متبلر	غير متبلر	غير متبلر
درجة الانصهار	غير معينة			
لقابلية الذوبان	لا يذوب في ثاني كبريتيد الكربون	لا يذوب في ثاني كبريتيد الكربون	يذوب في ثاني كبريتيد الكربون	يذوب في الماء وفي ثاني كبريتيد الكربون
ملاحظات أخرى	غير ثابت في كل الدرجات ويتحول إلى الأصفر	يوجد مع الثماني في زهر الكبريت وكبريت العمود		

أشكال الكبريت مادة واحدة

بالرغم من أن أشكال الكبريت تختلف فى المظهر والخواص الطبيعية فهى كلها تتكون من مادة واحدة ، والأدلة على ذلك كثيرة نذكر منها ما يأتى :

أولا : يمكن تحويلها من شكل إلى آخر دون تغيير فى الوزن وقد وجد أن أشكال الكبريت يمكن تحويلها إلى الشكل الثماني وذلك بصهرها ثم ترك السائل يجمد ثم بإذابة ما تجمد فى ثانى كبريتيد الكربون فيتبلور من المحلول كبريت من الشكل الثماني

ثانياً : عند إحراق أوزان متساوية من كل من أشكال الكبريت المختلفة نتج أوزان متساوية من غاز ثانى أوكسيد الكبريت وقد وجد أن كل ٣٢ جزءا بالوزن من الكبريت (من أى شكل) تتحد مع ٣٢ جزءا بالوزن من الأوكسيجين لتكوين ٦٤ جزءا بالوزن من ثانى أوكسيد الكبريت وفقا للمعادلة الآتية :

$$\text{كب} + \text{أ}_2 = \text{كب أ}_2$$

تأثير الحرارة فى الكبريت

تدريب ٥*

ضع قدر (٣٠) جراماً من الكبريت فى أنبوبة اختبار متسعة قليلا وسخنها بعناية بواسطة لهب موقد بنسن تلاحظ أنه يبدأ فى الانصهار متى وصل إلى درجة (١١٤° م) فيتحول عندها إلى سائل صاف رائق ذى لون أصفر باهت وأنه كلما ارتفعت درجة حرارته يزول صفوه ويقتم لونه ويثقل قوامه حتى إذا ما بلغت درجة حرارته ما بين ٢٢٠° م ، ٢٥٠° م يكون قد تحول إلى مادة سوداء قاتمة لزجة ذات قوام ثقيل بحيث يمكن أن تقلب الأنبوبة دون أن يسيل الكبريت منها فاذا ما ارتفعت درجة الحرارة عن ٢٥٠° م يبدأ الكبريت يسيل مرة أخرى وعند ٤٤٠° م يغلى ويتصاعد منه بخار أصفر قاتم — وإذا برد الكبريت المغلى فانه يمر بالعكس على الأدوار السابقة

وقد وجد أن كثافة بخار الكبريت عند ٥٠٠° م وتحت ضغط يعادل ٧٦٠ مم تقرب من ٩٦ مما يبعث على الاعتقاد بأن قوام الجزئ فى هذه الحالة هو كب٦ أما فى الضغوط المنخفضة فقد وجد أن كثافته بالنسبة للأيدروجين تتفق مع القانون كب٨ وفى (٩٠٠° م) تتفق كثافته البخارية مع كب٢ أما إذا سخن البخار أكثر من هذه الدرجة فلا يحدث له أى انحلال أكثر مما ذكر

خواص الكبريت

الكبريت على وجه العموم جسم صلب قابل للكسر لونه أصفر [illegible] لا رائحة له ولا طعم وهو ردىء التوصيل للحرارة [illegible] يتفتت بسرعة [illegible] ملامسة [illegible] والكبريت [illegible] التوصيل [illegible] [illegible] وهو [illegible] فى [illegible]

ويحترق الكبريت فى الهواء أو الأوكسيجين ويتولد ثانى أوكسيد الكبريت

ميل الكبريت للاتحاد

تدريب ٦

امزج مقدارين متساويين من زهر الكبريت وبرادة الحديد وضع المزيج فى أنبوبة اختبار صلبة وسخن الأنبوبة بلهب ضعيف تر أن المزيج يتقد فى نقطة منه — أبعد الأنبوبة عند ذلك عن اللهب تلاحظ أن الاتقاد يسرى فى جميع أجزاء المزيج

اكسر الأنبوبة بعد أن تبرد وأخرج المادة التى تتخلف فيها وافحصها تجدها مادة سوداء هشة تتفتت بسهولة وهى كبريتيد الحديدوز

ح + كب = ح كب

تدريب ٧*

ضع قليلا من مسحوق الكبريت فى قارورة من الزجاج وسخنه حتى يغلى ويملأ بخاره الجزء السفلى من القارورة ثم أدخل فى القارورة صفيحة من النحاس تسندها بسلك من النحاس كما فى (شكل ٩٧) ولاحظ مايحدث

شكل (٩٧)

أخرج صفيحة النحاس من القارورة بعد مدة ثم افحصها تجدها فقدت لونها النحاسى وبريقها وتغطت بطبقة سوداء هى كبريتيد النحاسوز

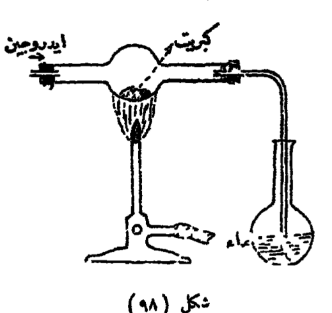
$$\text{ع} + \text{كب} = \text{ع}_{٢}\text{كب}$$

تدريب ٨*

ضع قليلا من مسحوق الكبريت فى انتفاخ أنبوبة سميكة وصل أحد طرفى الأنبوبة بجهاز استحضار الأيدروجين والطرف الثانى

بأنبوبة على شكل قائمة ينغمر طرفها فى قارورة بها ماء (شكل ٩٨)

أمرر تياراً من الأيدروجين فى الأنبوبة حتى تطرد كل الهواء منها ثم سخن الكبريت حتى يغلى ويتحول إلى بخار تره يحترق لشدة ويزول شيئاً فشيئاً متحداً بالأيدروجين مكوناً غاز يذوب فى الماء ويكسبه رائحة كريهة هذا الغاز اسمه (كبريتيد الأيدروجين)



شكل (٩٨)

للكبريت ميل شديد للاتحاد بكثير من الأجسام فهو يتحد بالأوكسيجين عند احتراقه فى الهواء منتجاً لغاز ثانى أوكسيد الكبريت — كذلك يتحد بكثير من الفلزات كالحديد والنحاس والفضة والصوديوم مكوناً لمواد تعرف باسم (الكبريتورات ؛ أو الكبريتيدات مثل كبريتيد الحديد وكبريتيد النحاس ويتحد الكبريت وهو فى حالة الانصهار بالأيدروجين إذا مر عليه ويتكون من اتحادهما غاز سهل الذوبان ذو رائحة كريهة يعرف باسم (كبريتيد الأيدروجين) أو الأيدروجين المكبرت) كذلك إذا مر بخار الكبريت على الفحم المسخن لدرجة الاحمرار يتحد العنصران ويكونان ثانى كبريتيد الكربون وهو سائل أصفر سهل الاشتعال يستعمل كثيراً فى إذابة بعض المواد

كبريتيد الأيدروجين

يوجد هذا الغاز ضمن الغازات التى تنبعث عند اضطراب وانفجار البراكين ويكثر وجوده فى كثير من المياه المعدنية كما فى مياه [illegible] وعيون حلوان وتسمى بالمياه الكبريتية وهو يتولد ويتصاعد من مياه المستنقعات ومن تعفن المواد العضوية التى تحوى الكبريت — وهو أحد الغازات المعوية فى الانسان وقد كان شيل سنة ١٧٧٧ أول من خلص هذا الغاز وعرف خواصه

استحضار الغاز :

يتكون كبريتيد الايدروجين إذا مر الايدروجين وبخار الكبريت فى أنبوبة مسخنة ولكنه يستحضر عادة فى المعامل الدراسية بتأثير الحوامض فى الكبريتيدات الفلزية والمعتاد استخدام كبريتيد الحديدوز مع حامض الايدروكلوريك أو الكبريتيك ويعبر عن تفاعل حامض الكبريتيك معه بالمعادلة :

$$ح كب + يد_{٢} كب ا_{٤} = ح كب ا_{٤} + يد_{٢} كب$$

ويعبر عن تفاعل حامض الايدروكلوريك هكذا :

$$ح كب + ٢ يد كل = ح كل_{٢} + يد_{٢} كب$$

وكبريتيد الحديدوز ينتج (كما فى تدريب ٦) من تسخين الحديد مع الكبريت وهو دائماً يشتمل على مقدار من الحديد الخالص ولهذا يكون الغاز المستحضر منه مخلطاً ببعض الايدروجين فاذا أريد الحصول على الغاز نقياً وجب استعمال حامض الايدروكلوريك المركز وكبريتيد الأنتيمون مع مساعدة الحرارة

تدريب ٩*

ضع قليلا من كبريتيد الحديدوز فى قارورة من قوارير وولف (شكل ٩٩) وأعد للقارورة سدادين ينفذ فى أحدهما قمع يصل طرف ساقه إلى قرب قاع القارورة وتمتد فى الثانى أنبوبة توصيل ينغمس طرفها فى حوض ماء ساخن أو أنبوبة ملتوية على شكل زاويتين حتى حد طرفها فى مخبار — صب فى القارورة من الحامض المخفف ما يكفى لتغطية الكبريتيد واجمع ما ينبعث من الغاز فى مخبار إما بزحزحة الماء الساخن أو بالحلول محل الهواء

شكل (٩٩)

ملاحظة : إذا أريد الحصول على تيار منتظم من الغاز يحسن استعمال جهاز كب لأن في استعماله اقتصاداً كبيراً في المواد ولأن الحامض لايتصل بالكبريتيد عند عدم الحاجة إلى الغاز .

خواص كبريتيد الايدروجين :

تدريب ١٠

استحضر عدة مخابير من غاز كبريتيد الايدروجين وتبين

أولا — لون الغاز ثانياً — رائحته

ثالثاً — فعله في ورقتي عباد شمس مندأتين إحداهما حمراء والأخرى زرقاء

رابعاً — درجة ذوبانه في الماء البارد وذلك أن تنكس أحد المخابير في حوض ماء بارد ثم تنزع غطاءه وتراقب ارتفاع الماء فيه

خامساً — عدم مساعدته على استمرار الاشتعال وقابليته للاحتراق

غاز كبريتيد الايدروجين عديم اللون له طعم كريه ورائحة تشبه رائحة البيض الفاسد وهو سام جداً فيجب إلا يستنشق منه مقدار كبير والغاز ثقيل تبلغ كثافته بالنسبة للهواء (١٫١٩) ويثبت ثقله بالتدريب الآتي : —

تدريب ١١

بدهن مخبار من الداخل بمحلول خلات الرصاص ونكس فوق مخبار ممتلئاً بغاز كبريتيد الايدروجين تشاهد أن الخلات [illegible] كلما هبط الغاز في المخبار من أعلى إلى أسفل

والغاز قابل للذوبان في الماء البارد فيكسب الماء الذي يذوب فيه رائحته الكريهة وتأثيره الحمضي في عباد الشمس الزرقاء والمحلول يفسد شيئاً فشيئاً إذا عرض للهواء لتأكسده ويرسب عنه هو الكبريت

٢ يد٢ كب + أ٢ = ٢ يد٢ أ + ٢ كب

والغاز لايساعد على الاشتعال ويشتعل بلهب أزرق باهت

احتراق الغاز :

تدريب ١٢*

أدل شمعة صغيرة مشتعلة فى مخبار ممتلىء بالغاز تشاهد أن الغاز يلتهب بلهب أزرق ويخمد لهب الشمعة ويرسب فى المخبار راسب من الكبريت ذو لون أصفر وتشعر برائحة ثانى أوكسيد الكبريت منبعثة من المخبار

تدريب ١٣*

ا — ركب على طرف صنبور جهاز (كب) أنبوبة من الزجاج ذات طرف دقيق وأشعل الغاز عند خروجه منها وتبين رائحة ناتج الاحتراق تتحقق من وجود ثانى أوكسيد الكبريت فيه

ب — ضع فوق اللهب سطحاً بارداً جافاً تلاحظ تكثف بخار ماء على السطح

حـ — اغمر طبقاً أبيض جافاً من الخزف فى وسط لهب الغاز يرسب عليه راسب أصفر هو الكبريت

يحترق غاز كبريتيد الايدروجين ويصحب احتراقه لهب أزرق غير أن نواتج الاحتراق تختلف باختلاف الظروف فان كانت كمية الأوكسيجين محدودة تأكسد ايدروجين الغاز فقط ونتج من الاحتراق ماء وكبريت وفقاً للمعادلة الآتية :

$$(٢ \text{ يد}_٢ \text{ كب} + \text{ ا}_٢ = ٢ \text{ يد}_٢\text{ا} + ٢ \text{ كب})$$

أما إذا كانت كمية الأوكسيجين كثيرة تأكسد كل من الايدروجين والكبريت ونتج الماء وثانى أوكسيد الكبريت حسب المعادلة الآتية :

$$(٢ \text{ يد}_٢ \text{ كب} + ٣\text{ ا}_٢ = ٢ \text{ يد}_٢\text{ا} + ٢ \text{ كب ا}_٢)$$

وواضح من هذه المعادلة أن ثلاثة حجوم من الأوكسيجين تكفى

لاحراق حجمين اثنين من كبريتيد الايدروجين إحراقا تاماً .

الغاز عامل اختزال

ينحل كبريتيد الايدروجين إلى عنصريه ، الكبريت والايدروجين إذا ما وحد مع مادة مؤكسدة ويرسب الكبريت أما الايدروجين فينفصل فى الحالة الذرية ويسبب الاختزال .

تجربة ١٤ *

أمرر غاز كبريتيد الايدروجين فى حامض كبريتيك مركز تر الكبريت يرسب فيه لأن الايدروجين الذى ينفصل من الغاز يؤثر فى حامض الكبريتيك ويختزله حسب المعادلة :

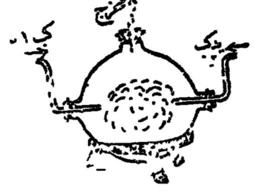
(يد٢ كب + يد٢ كب ا٤ = كب ا٢ + ٢ يد٢ ا + كب)

ولهذا السبب لا يجفف كبريتيد الايدروجين بامراره فى حامض الكبريتيك المركز بل يستعمل كلوريد الكالسيوم إذا أريد تجفيفه .

تجربة ١٥ *

أمرر تياراً من الغاز فى أنبوبة اختبار محتوية على حامض النيتريك المركز أو اسقط بضع قطرات من الحامض المركز فى مخبار مملوء بالغاز تشاهد ظهور أبخرة سمراء من أكاسيد النيتروجين ناتجة من اختزال الحامض .

تجربة ١٦ *



شكل (١٠٠)

أعد قابلة من الزجاج ذات ثلاث فتحات تجعل لكل منها سداداً تنفذ فيه أنبوبة من الزجاج (شكل ١٠٠)

صل إحدى الانابيب بجهاز استحضار غاز كبريتيد الايدروجين والثانية بجهاز استحضار غاز ثانى أوكسيد الكبريت واجعل الثالثة مخرجا —

أمرر فى القابلة تياراً من كل من الغازين تشاهد تكاثف رماد أصفر باهت عند ما يلتقيان فى القابلة ويفسر ذلك بأن كبريتيد الايدروجين لشدة قوته الاختزالية يمتص الأوكسيجين من ثانى أوكسيد الكبريت فيتأكسد به مكوناً بخار الماء والكبريت الذى يرسب مع ما يتخلف منه من ثانى أوكسيد الكبريت ومعادلة هذا التفاعل كما يأتى :

(٢ يد$_{٢}$ كب + كب ا$_{٢}$ = ٢ يد$_{٢}$ ا + ٣ كب)

تدريب ١٧ *

املأ مخباراً بغاز كبريتيد الايدروجين وآخر بغاز الكلور ونكس أحدهما فوق الآخر تجد المخبارين يمتلئان بأبخرة كثيفة ويرسب على جدرانهما راسب ذو لون أبيض مشوب باصفرار — اكشف عن الأبخرة بواسطة عباد الشمس الأزرق تجدها تحمر لوجود مادة حمضية فيها هى فى الحقيقة حامض الايدروكلوريك أما الراسب الأبيض فهو كبريت ويعبر عن ذلك بالمعادلة:

(كل$_{٢}$ + يد$_{٢}$ كب = ٢ يد كل + كب)

فى هذا التفاعل تحول الكلور إلى كلوريد ايدروجين وتحول كبريتيد الايدروجين إلى كبريت ويقال إن الكلور قد اختزل ولو أنه لم يفقد أى أوكسيجين ، وأن كبريتيد الايدروجين قد تأكسد ولو أنه لم يكتسب شيئاً من الأوكسيجين .

تدريب ١٨ *

أمرر غاز كبريتيد الايدروجين فى محلول برمنجنات البوتاسيوم بعد أن تضيف إليه بضع قطرات من حامض الايدروكلوريك تجد المحلول البنفسجى يزول لونه لأن برمنجنات البوتاسيوم تتحول إلى كلوريد المنجنيز. لاحظ رسوب الكبريت .

تدريب ١٩ *

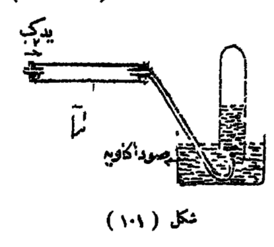
أعد التدريب السابق مستعملا ثانى كرومات البوتاسيوم يتحول لونه البرتقالى إلى لون أخضر لأن ثانى كرومات البوتاسيوم يتحول إلى كلوريد الكروميوم. لاحظ رسوب الكبريت فى المحلول.

تاثير الحرارة فى كبريتيد الايدروجين

تدريب ٢٠ *

ثبت أنبوبة زجاجية متينة مفتوحة الطرفين فى وضع أفقى ثم صل أحد طرفيها بجهاز توليد غاز كبريتيد الايدروجين والطرف الثانى بانبوبة وصل مغموس طرفها الخالص فى حوض به محلول الصودا الكاوية (شكل ١٠١)

أمرر تياراً من كبريتيد الايدروجين فى الأنبوبة وبعد أن يطرد جميع الهواء سخن الأنبوبة فى نقطة منها بواسطة لهب موقد بنسن واجمع الغاز المتصاعد فى مخبار مملوء بمحلول البوتاسا الكاوية تنكسه فى الحوض



شكل (١٠١)

لاحظ ظهور راسب أصفر (هو الكبريت) فى الجزء الساخن من الأنبوبة

اكشف عن الغاز المتجمع فى المخبار تجده إيدروجيناً

ملاحظة :

البوتاسا الكاوية تمتص كبريتيد الايدروجين بشره عظيم فلا يتصاعد من الغاز شىء فى المخبار

من هذا التدريب يستنتج أن كبريتيد الايدروجين يتحلل بالحرارة

إلى كبريت وأيدروجين — كذلك يتحلل الغاز إلى هذين العنصرين بتأثير الشرر الكهربائى

محلول كبريتيد الايدروجين

يذوب كبريتيد الايدروجين فى الماء ويكون لمحلوله تأثير حمضى فى عباد الشمس ولذلك فهو يتفاعل مثل الحوامض مع الفلزات والقواعد والحامض ثنائى القاعدية لاحتواء جزيئه على ذرتين من الايدروجين يمكن أن يحل محلهما فلز

فعل كبريتيد الايدروجين فى الفلزات

تدريب ٢١*

عرض قطعة فضية إلى تيار من غاز كبريتيد الايدروجين تر القطعة تفقد بريقها وتسود لتكوين مادة تعرف باسم كبريتيد الفضة — كذلك تسود القطعة إذا ألقيت فى محلول الغاز

تدريب ٢٢*

أمرر غاز كبريتيد الايدروجين فوق قطعة من البوتاسيوم موضوعة فى أنبوبة ذات انتفاخ وسخن البوتاسيوم تلاحظ أنه يحترق

قرب عود كبريت مشتعل إلى الطرف الخالص من الأنبوبة تتحقق من خروج غاز قابل للالتهاب وهذا الغاز إذا جمع فوق محلول البوتاسا الكاوية يتضح أنه الايدروجين

يؤثر غاز كبريتيد الايدروجين أو محلوله فى الفلزات فيفقدها بريقها المعدنى . فالفضة يسود لونها إذ عرضت إليه وذلك لحلولها محل إيدروجين الغاز واتحادها بالكبريت مكونة لمادة سوداء تعرف بكبريتيد الفضة

$$٢ ف + يد_٢كب = ف_٢كب + يد_٢$$

وأغلب الفلزات تحل فى هذا الغاز محل كل ما فيه من الايدروجين إلا فلزى الصوديوم والبوتاسيوم فيتكون منهما كبريتيد أيدروجينى للفلز

٢ بو + ٢ يد$_2$كب = ٢ بويد كب + يد$_2$

فعل الغاز فى الأكاسيد

تدريب ٢٣*

سخن قليلا من أوكسيد الرصاص الأصفر فى أنبوبة احتراق يمر فيها تيار من كبريتيد الأيدروجين تلاحظ أن الأوكسيد يسود لونه لتحوله إلى كبريتيد رصاص [ر ا + يد$_2$ كب = ر كب + يد$_2$ا]

تدريب ٢٤*

أعد التدريب السابق مستعملا أوكسيد الحديديك تلاحظ أن الأوكسيد يسود لونه ثم يتقد ويضيء ويتكون كبريتيد الحديديك

[ح$_2$ا$_3$ + ٣ يد$_2$ كب = ح$_2$ كب$_3$ + ٣ يد$_2$ا]

يتضح من هذا أن كبريتيد الأيدروجين يتفاعل مع الأكاسيد فيتكون الماء وكبريتيد الفلز ولهذا السبب يستعمل أوكسيد الحديديك والجير المطفأ فى تنقية غاز الاستصباح مما به من غاز كبريتيد الأيدروجين

فعل الغاز فى الأيدروكسيدات

تدريب ٢٥*

جهز محلولا مخففاً من البوتاسا الكاوية وأمرر فيه تياراً من كبريتيد الأيدروجين حتى يتشبع به واتركه مدة من الزمن تظهر فيه بلورات من كبريتيد البوتاسيوم الأيدروجينى

[يد$_2$ كب + بو ا يد = بو يد كب + يد$_2$ا]

وإذا مزج محلولا كبريتيد البوتاسيوم الأيدروجينى وأيدروكسيد البوتاسيوم بكميتين متكافئتين تكون كبريتيد البوتاسيوم الأصلى . ويمكن الحصول عليه متبلراً بالبخر

[بو ا يد + بو يد كب = بو $_{٢}$ كب + يد $_{٢}$ ا]

ويتفاعل كبريتيد الأيدروجين مع الصودا الكاوية كما يتفـــاعل مع البوتاسا الكاوية . ولما كان التعادل فى الحالين سريعاً فان الصودا الكاوية والبوتاسا الكاوية يستعملان لامتصاص الغاز

فعل الغاز فى الأملاح

تدريب ٢٦ *

أمرر غاز كبريتيد الأيدروجين فى محلول كبريتات النحاس الزرقاء زمناً قصيراً تشاهد رسوب مادة سوداء فى المحلول هى كبريتيد النحاس

تدريب ٢٧*

أعد التدريب السابق مستعملا خلات الرصاص بدل كبريتات النحاس تحصل على راسب أسود هو كبريتيد الرصاص

تدريب ٢٨ *

ند ورقة رشح بيضاء بمحلول خلات الرصاص وعرضها للغـاز تظهر عليها طبقة سوداء من كبريتيد الرصاص

يستنتج من هذا أن كبريتيد الأيدروجين يتفاعل مع بعض أملاح الحوامض الأخرى فتتكون الكبريتيدات ولذلك يكشف عن كبريتيد الأيدروجين عادة بتسويده لورقة منداة بمحلول خلات الرصاص

وهذا التفاعل يفسر لنـا سبب ظهور اللون الأسود على بعض الصور الزيتيـة المعرضـة لهواء المدن لأن طلاءها يحوى كربونات الرصاص فيؤثر فيه كبريتيد الأيدروجين الذى لايخلو منه هواء المدن الصناعية فينشـأ عن

ذلك كبريتيد الرصاص الأسود ولازالة هـذا السواد تمسح الصورة بخرقة مبللة بفوق أوكسيد الأيدروجين

أملاح كبريتيد الأيدروجين وطرق استحضارها

تسمى أملاح كبريتيـد الأيدروجين الـكبريتورات أو الـكبريتيدات فيقال مثلا كبريتور الرصاص او كبريتيد الرصاص وبما أن الحامض ثنائى القاعدية فان له سلسلتين من الأمـــلاح هما الـكبريتيدات الأيدروجينية والـكبريتيدات الأصلية

وتستحضر الـكبريتيدات بطرق عديدة أهمها مايأتى : —

١ — بتسخين الفلز مع الـكبريت ويســـتحضر كبريتيد الحديدوز وكبريتيد النحاسوز بهذه الطريقة

٢ — تتفاعل كبريتيد الأيدروجين مع الفلز . مثـال ذلك تكوين كبريتيد الفضة وكبريتيد الصوديوم الأيدروجينى

٣ — بتأثير كبريتيد الأيدروجين فى القواعد ومن أمثلة ذلك تكوين كبريتيد الحديديك إذا أمر الغاز على أوكسيد الحديديك المسخن وتكوين كبريتيد البوتاسيوم الأيدروجينى إذا أمر الغـاز فى محلول البوتاسـا الـكاوية المركز

٤ — بالترسيب وتستعمل هذه الطريقـة فى استحضار الـكبريتيدات التى لا تذوب فى الماء وبهـا يمكن استحضار كبريتيد الرصاص أو كبريتيد النحاس إذا أمر الغاز فى محلول خلات الرصاص أو محلول كبريتات النحاس

أنواع الـكبريتيدات :

تدريب ٢٩

أمرر غاز كبريتيـد الايدروجين فى كل من المحـاليل الآتيـة حتى يتم الترسيب .

نيترات فضة — خلات رصاص — كبريتات نحاس

يتكون فى كل منها راسب أسود

أضف إلى كل راسب قليلا من حامض الايدروكلوريك تجده يبقى دون أن يذوب

تدريب ٣٠

أمرر غاز كبريتيد الايدروجين فى محلول كبريتات الحديدوز ثم فى محلول كبريتات الخارصين يتكون راسب أسود مع الحديد وراسب أبيض مع الخارصين

أضف حامض الايدروكلوريك إلى الراسبين تجدهما يذوبان

أعد ما تقدم وبدلا من إضافة حامض الايدروكلوريك إلى الراسبين أضف اليهما قليلا من محلول النشادر تلاحظ أنهما لا يذوبان بل يزيدان ظهوراً

الكبريتيدات على أنواع ثلاثة :

١ — كبريتيدات لا تذوب فى الحوامض المخففة بل ترسب فيها مثل كبريتيدات الفضة والرصاص والنحاس

٢ — كبريتيدات تذوب فى الحوامض المخففة ولكنها لا تذوب (بل ترسب) فى المحاليل القلوية (أو المتعادلة) ومن هذا النوع كبريتيد الحديدوز وكبريتيد الخارصين

٣ — كبريتيدات تذوب حتى فى الماء مثل كبريتيد الصوديوم

وهذه الحقائق تجب مراعاتها عند ترسيب الكبريتيدات ويتضح هذا من المثال الآتى :

إذا أريد ترسيب كبريتيد الخارصين بامرار كبريتيد الايدروجين فى محلول كلوريد الخارصين كان التفاعل حسب المعادلة :—

$$\text{يد}_2\text{ كب} + \text{خ كل}_2 = \text{خ كب} + 2\text{ يد كل}$$

ومن هذا يرى أن حامض الايدروكلوريك يتكون أثناء التفاعل ولما كان كبريتيد الخارصين قابلا للذوبان فى الحوامض فان الترسيب لا يكون تاماً لأن جزءاً من كبريتيد الخارصين يذوب فى الحامض المتكون ولتلافى ذلك يجب أن يضاف إلى المحلول قبل إمرار كبريتيد الايدروجين قليل من محلول النشادر ليتعادل مع حامض الايدروكلوريك فيبطل فعله فى الاذابة

ويحسن فى ترسيب الكبريتيدات القابلة للذوبان فى الحوامض أن تنتخب المواد المتفاعلة بحيث لا ينتج حامض أثناء التفاعل ولهذا لا يستعمل كبريتيد الايدروجين لأنه حامض يستطيع أن يطرد الأحماض الأخرى من أملاحها إذا تفاعل معها ففى المثال السابق مثلا يضاف محلول كبريتيد الأمونيوم إلى محلول كلوريد الخارصين فيكون التفاعل كما يأتى :

كبريتيد أمونيوم + كلوريد خارصين = كبريتيد خارصين + كلوريد أمونيوم

ويكون الترسيب فى هذه الحالة تاماً

ومما تجب ملاحظته أن لبعض الكبريتيدات الفلزية لوناً خاصاً به يمكن تمييزها ، فكبريتيد الأنتيمون مثلا برتقالى اللون وكبريتيد الرصاص أسود وكبريتيد الخارصين أبيض

ويستعمل كبريتيد الايدروجين فى عمليات التحليل الكيماوى للكشف عن الفلزات فى محاليلها أو فى مزيج من محاليلها ولتوضيح ذلك نفرض مثلا محلولا يحتوى على ملح من أملاح النحاس ممتزجاً بملح من أملاح الخارصين وملح من أملاح الصوديوم ويراد فصل هذه الفلزات فلذلك يضاف إلى المزيج حامض الايدروكلوريك ثم يمرر فيه غاز كبريتيد الايدروجين حتى يرسب فى المزيج أكبر مقدار من الراسب (وهو كبريتيد النحاسيك) فيرشح ويضاف إلى السائل الباقى محلول النشادر بوفرة فيرسب فيه كبريتيد الخارصين الذى يمكن فصله بالترشيح ويبقى فى المحلول كبريتيد الصوديوم

الكشف عن الكبريتيدات :

تتميز الكبريتيدات بما يأتى :

أولا — كل الكبريتيدات إذا سخنت مع حامض الأيدروكلوريك يتصاعد منها غاز كبريتيد الايدروجين الذى يتميز برائحته التى تشبه رائحة البيض الفاسد أو بتسويده ورقة بيضاء مبللة بمحلول خلات الرصاص

ثانياً — الكبريتيدات القابلة للذوبان يظهر فيها راسب أسود إذا مزجت محاليلها بمحلول خلات الرصاص

تركيب كبريتيد الايدروجين :

يمكن إثبات أن الغاز مكون من عنصرى الكبريت والايدروجين باحدى الطريقتين الآتيتين :

أولا — تأليف الغاز بامرار بخار الكبريت والايدروجين فى أنبوبة مسخنة

ثانياً — انحلال الغاز بتأثير الحرارة إلى كبريت وايدروجين

أما النسبة التى يتحد العنصران بها فيمكن معرفتها بالتدريب الآتى :

تدريب ٣١ *

أمرر شرارات كهربائية فى غاز كبريتيد الايدروجين الذى يكون موجوداً فى إيديومتر منكس فوق زئبق كما فى (شكل ١٠٢) تلاحظ أن الغاز ينحل بتأثير الشرر ويظهر الكبريت على جدار الايديومتر من الداخل وتلاحظ أيضاً أن سطح الزئبق فى الأنبوبة يظل حافظاً لمكانه

شكل (١٠٢)

ويستدل من هذا على أن حجم الايدروجين الناتج من انحلال الغاز يساوى حجم الغاز نفسه. وبتطبيق فرض أفوجادرو ينتج أن جزىء كبريتيد

الايدروجين يحتوى على جزىء من الايدروجين أو ذرتين منه ويكون قانون كبريتور الايدروجين يد $_٢$ كب $_{س}$

وبما أن الكثافة النسبية لكبريتيد الايدروجين ١٧

∴ الوزن الجزيئى له = ٣٤

وبما أن وزن الايدروجين فى الجزىء من كبريتيد الايدروجين = ٢

إذن وزن الكبريت فى الجزىء من كبريتيد الايدروجين = ٣٢

وحيث إن وزن ذرة الكبريت ٣٢

∴ الجزىء الواحد من كبريتيد الايدروجين يحتوى على ذرة واحدة من الكبريت وذرتين من الايدروجين ويكون قانونه الجزيئى يد $_٢$ كب

غاز ثانى أوكسيد الكبريت

يوجد غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى جو المناطق البركانية وهو يتولد عند احتراق الكبريت والمواد الكبريتية فى الهواء ولذلك يوجد القليل منه فى الجو خصوصاً فى الجهات التى بها معامل للكبريت أو يحرق فيها فحم حجرى غير نقى

أحوال تولده

علمنا فيما تقدم أن الكبريت أو كبريتيد الايدروجين إذا احترق فى الهواء أنتج غازاً لا لون له ذا رائحة خانقة هو غاز ثانى أوكسيد الكبريت — ويتولد هذا الغاز أيضاً إذا سخنت الكبريتيدات الفلزية بشدة وهى معرضة للهواء إذ يتحد كبريتها بأوكسيجين الهواء مكوناً ثانى أوكسيد الكبريت أما الفلز فينتج عنه أوكسيده

تدريب ٣٢ *

اسحق قليلا من كبريتيد الحديد المعدنى المسمى بيريت الحديد وسخنه فى أنبوبة احتراق (طولها ١٥ سم ومفتوحة من جهتيها) مثبتة فى وضع

مائل تشعر بعد مدة برائحة ثانى أوكسيد الكبريت عند الطرف العلوى للأنبوبة حيث يتكاثف الكبريت أيضاً ويتخلف فى الأنبوبة أوكسيد الحديد ذو لون أسمر مشوب باحمرار ويعبر عن التفاعل بالمعادلة الآتية :

(٤ ح كب$_{٢}$ + ١١ أ$_{٢}$ = ٢ ح$_{٢}$أ$_{٣}$ + ٨ كب أ$_{٢}$)

وينتفع بهذا التفاعل فى تجهيز ثانى أوكسيد الكبريت اللازم لاستحضار حامض الكبريتيك فى التجارة

كذلك يتولد غاز ثانى أوكسيد الكبريت إذا سخن كثير من الفلزات (مثل النحاس والقصدير) وبعض من المواد الغير الفلزية (مثل الكربون والكبريت) مع حامض الكبريتيك المركز .

فعل النحاس فى حامض الكبريتيك

تجريب ٣٣ *

ضع قليلا من خراطة النحاس فى أنبوبة اختبار وغشه بحامض الكبريتيك المركز لا تجد أى أثر لذلك لأن النحاس لا يؤثر فى الحامض المركز البارد

سخن الأنبوبة بما تحوى تلاحظ أن السائل يفور وتنبعث من الأنبوبة أبخرة بيضاء متكاثفة لها رائحة ثانى أوكسيد الكبريت كما تلاحظ أن النحاس قد اسود بسرعة وبعد برهة يرسب منه راسب أشهب قاتم يتجمع فى قاع الأنبوبة

عند ما يقف التفاعل أترك الأنبوبة لتبرد ثم رجها وصب محتوياتها فى كأس به قليل من الماء تلاحظ أن بعض الراسب يذوب ويتكون منه محلول ذو لون أزرق أما باقيه فيرسب بشكل مسحوق أسود يتخلف عند قاع الكأس .

رشح السائل الأزرق وبخره حتى ينقص حجمه ثم اتركه يبرد تتساقط فيه بلورات زرقاء هى كبريتات النحاس المتبلرة .

تفسر نتائج هذا التدريب بما يأتى :

يحل النحاس فى أول الأمر محل الايدروجين فى الحامض حسب المعادلة:

$$\text{نح} + \text{يد}_2\,\text{كب}\,\text{ا}_4 = \text{نح}\,\text{كب}\,\text{ا}_4 + 2\,\text{يد}$$

ولما كان حامض الكبريتيك المركز عاملا مؤكسداً قويا والايدروجين فى حالة تولده عامل اختزال قوى فان الاثنين يتفاعلان ولا يتصاعد الايدروجين بل يختزل حامض الكبريتيك إلى ثانى أوكسيد الكبريت متأكسداً هو إلى ماء.

$$2\,\text{يد} + \text{يد}_2\,\text{كب}\,\text{ا}_4 = 2\,\text{يد}_2\,\text{ا} + \text{كب}\,\text{ا}_2$$

ومما يدل على صدق هذا التعليل أنه إذا أمر الايدروجين فى حامض الكبريتيك المركز الساخن فان الأخير يتحول إلى ثانى أوكسيد كبريت.

وقد يحدث أن حامض الكبريتيك يختزل لدرجة كبيرة فيتحول بعضه إلى كبريتيد الايدروجين وهذا يؤثر فى النحاس ويحوله إلى كبريتيد النحاس الذى يظهر بشكل مسحوق أسود لا يذوب فى الماء.

وقد تجمع المعادلتان السابقتان فى معادلة واحدة لتمثيل ما يحدث عند تأثير النحاس فى حامض الكبريتيك وتكون المعادلة بالشكل الآتى :

$$\text{نح} + 2\,\text{يد}_2\,\text{كب}\,\text{ا}_4 = \text{نح}\,\text{كب}\,\text{ا}_4 + 2\,\text{يد}_2\,\text{ا} + \text{كب}\,\text{ا}_2$$

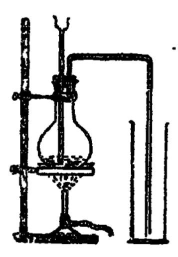
استحضار ثانى أوكسيد الكبريت فى المعمل

يجهز غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى المعامل الدراسية بتسخين النحاس مع حامض الكبريتيك المركز ويمكن أن يستعمل بدل النحاس الزئبق أو الرصاص أو الكبريت أو الفحم ويكون الغاز فى الحالة الأخيرة مختلطاً بغاز ثانى أوكسيد الكربون.

ولما كان غاز ثانى أوكسيد الكبريت سريع الذوبان فى الماء فمن المتعذر جمعه فوق الماء ويمكن جمعه باحلاله محل الهواء إذ أنه أكثف كثيراً من الهواء

تدريب ٣٤ *

أعد قارورة تسع ثلاثة أرباع اللتر واجعل لها سداداً له ثقبان ينفذ فى أحدهما قمع أمن يصل طرف ساقه إلى قاع القارورة وتنفذ فى الثانى أنبوبة توصيل ملتوية على شكل قائمتين يتدلى طرفها الطويل فى مخبار من الزجاج (شكل ١٠٣)



شكل (١٠٣)

ضع فى القارورة قدر (١٠) جرامات من خراطة نحاس نقية وأضف إليها ما لا يزيد على (٤٠) سم٣ من حامض الكبريتيك المركز وسخن القارورة على حمام رملى

أبعد اللهب عند ما يبتدىء التفاعل

اجمع الغاز المنبعث فى مخابير جافة باحلاله محل الهواء. وتتحقق من امتلاء المخبار بأن تقرب من فوهته عود كبريت مشتعل إذ يخمده الغاز. وإذا ما ملأت مخباراً فغطه بقرص من الزجاج واملأ غيره وثالثاً ورابعاً الخ

ملاحظة :

إذا أريد تجفيف الغاز يمرر قبل جمعه فى حامض كبريتيك مركز

خواص ثانى أوكسيد الكبريت :

تدريب ٣٥ *

نكس أحد المخابير الممتلئة بغاز ثانى أوكسيد الكبريت فوق شمعة مشتعلة تر الشمعة تخمد لأن الغاز يسيل من المخبار إليها فيطفئها

تدريب ٣٦ *

نكس مخباراً ممتلئاً بغاز ثانى أوكسيد الكبريت فوق حوض ماء ملون

بعباد شمس أزرق تر الماء يندفع فى المخبار حتى يملأه (إذا كان الغاز نقياً) ويحمر لون عباد الشمس ثم يبيض

ثانى أوكسيد الكبريت غاز لا لون له ذو رائحة كبريتية خانقة وهو أثقل من الهواء (إذ تبلغ كثافته بالنسبة للهواء ٢¼ تقريباً) وهو أثقل من الايدروجين ٣٢ مرة

والغاز سريع الذوبان فى الماء إذ يذيب حجم الماء فى درجة الصفر ثمانين حجما من الغاز وخمسين حجما إذا كان الماء فى الدرجة الاعتيادية للحرارة ويحوى محلوله حامضاً اسمه (حامض الكبريتوز) الذى يجعل الأزرق من عباد الشمس أحمر

وتمكن إسالة الغاز بسهولة إذ يتحول إلى سائل صاف عند درجة (— ١٠°م) تحت الضغط الجوى المعتاد والسائل الناتج يحتاج عند رجوعه إلى الحالة الغازية إلى مقدار كبير من الحرارة يمتصه مما يجاوره من الأجسام فتنخفض درجة حرارتها كثيراً . ويمكن بتبخير هذا السائل الوصول إلى درجة (— ٥٠°م) ولذلك يستخدم ثانى أوكسيد الكبريت السائل فى تجميد الماء لعمل الثلج

تدريب ٣٧ *

أعد الجهاز المبين بشكل ١٠٤ وجهز غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى قارورة (ا) وأمرره فى قارورة وولف (ب) بها حامض كبريتيك مركز لتجفيف الغاز ثم مرره بعد ذلك فى أنبوبة (د) ذات شعبتين مغمورة فى كأس (ج) به مزيج مبرد تصنعه من الملح والجليد تجد أن الغاز يتكاثف فى أنبوبة الشعبتين بشكل سائل عديم اللون .

شكل (١٠٤)

صب بضع قطرات من الماء فوق قطعة ملساء من الخشب وضع على

الماء كأسا من الزجاج ثم صب فى الـكأس قليلا من ثانى أوكسيد الـكبريت السائل تجده يتبخر بسرعة ويلتصق الـكأس بقرص الخشب لتجمد الماء بينهما

والغاز مضاد للعفونة والفساد إذ يهلك الميكروبات وجراثيم الأمراض ولذلك فانه يستخدم فى تطهير غرف المستشفيات وثياب المرضى وفى حفظ اللحوم والمشروبات كالنبيذ مثلا إذ يحرق قليل من الـكبريت فى البراميل المعدة لتعبئة النبيذ فيقتل الغاز الميكروبات التى تسبب تخمر النبيذ وفساده

فعل الغاز فى التأكسد

ثانى أوكسيد الـكبريت لايحترق فى الهواء ولا يساعد على الاحتراق العادى ولـكن بعض الأجسام كالماغنيسيوم والصوديوم تحترق فيه فتنتزع منه الأوكسيجين ويكون ثانى أوكسيد الـكبريت فى هذه الحالة عامل تأكسد

تدريب ٣٨

احرق شريطاً من الماغنيسيوم فى الهواء ثم أدخله فى مخبار مملوء بثانى أوكسيد الـكبريت تجده يشتعل فى الغاز وتتكون سحب بيضاء من أوكسيد الماغنيسيوم ويظهر على جدران المخبار نقط صفراء من الـكبريت ويمثل هذا التفاعل بالمعادلة .

كب ا$_2$ + ما = ما ا$_2$ + كب

تدريب ٣٩*

أعد التدريب السابق مستعملا الصوديوم بدل الماغنيسيوم تحصل على مثل النتيجة السابقة

تدريب ٤٠ *

ضع قليلا من فوق أوكسيد الرصاص فى أنبوبة وابعث فيها تياراً من ثانى أوكسيد الـكبريت وسخنها يتوهج الاوكسيد بسرعة ويتحول إلى كبريتات رصاص .

(ر ا$_2$ + كب ا$_2$ = ر كب ا$_4$)

تدريب ٤١ *

ذر قليلا من فوق أوكسيد الصوديوم فى مخبار من ثانى أوكسيد الكبريت تشاهد توهجاً ويتكون فى المخبار كبريتات الصوديوم

$$(\text{ص}_{2}\text{ا}_{2} + \text{كب ا}_{2} = \text{ص}_{2}\text{ كب ا}_{4})$$

كذلك يتأكسد كبريتيد الايدروجين بواسطة ثانى أوكسيد الكبريت ويتحول إلى كبريت .

فعل الغاز فى الاختزال

ثانى أوكسيد الكبريت عامل اختزال قوى فهو يحول أملاح الحديديك إلى أملاح الحديدوز كما أنه يحول فوق منجنات البوتاسيوم إلى كبريتات المنجنيز وثانى كرومات البوتاسيوم إلى كبريتات الكروم وعلى الأخص إذا كان المحلول محمضاً بحامض كبريتيك .

تدريب ٤٢ *

ضع فى أنبوبة اختبار قليلا من محلول مخفف لبرمنجنات البوتاسيوم وأمرر فيها تياراً من غاز ثانى أوكسيد الكبريت يزول اللون البنفسجى بسرعة ويصير السائل عديم اللون .

تدريب ٤٣ *

أعد التدريب السابق مستعملا ثانى كرومات البوتاسيوم يتحول لونه الأصفر إلى لون أخضر دليلا على تكوين كبريتات الكروم .

كذلك يختزل الكلور بواسطة ثانى أوكسيد الكبريت ويتحول إلى حامض إيدروكلوريك وفقاً للمعادلة :

$$\text{كب ا}_{2} + \text{كل}_{2} + 2\text{ يد}_{2}\text{ا} = 2\text{ يد كل} + \text{يد}_{2}\text{ كب ا}_{4}$$

ولهذه الخاصة يستعمل ثانى أوكسيد الكبريت « مضاداً للكلور » أى عاملا لازالة آثار الكلور التى تكون عالقة بالمنسوجات التى أزيل لونها بالكلور .

فعل الغاز فى التبييض

تدريب ٤٤ *

أسقط بعض زهور ملونة منداة بالماء فى مخبار ممتلىء بثانى أوكسيد الكبريت تجد أنها تفقد ألوانها وتبيض — أخرج الزهور البيضاء وعرضها للهواء زمناً تشاهد أنها تستعيد ألوانها

تدريب ٤٥ :

أمرر تياراً من الغاز فى محلول النيلة حتى يزول لون المحلول تماماً ثم اغمس فى المحلول ورقة رشح بيضاء وعرضها للهواء زمناً تجدها تتلون بلون النيلة

من هذين التدريبين يستدل على أن ثانى أوكسيد الكبريت يزيل الألوان النباتية متى كانت المواد الملونة منداة بالماء ولذلك يستعمل الغاز فى تبييض الحرير والصوف والريش والأسفنج وغير ذلك من المواد التى يتلفها الكلور

ويرجع السبب فى إزالة الألوان لقوة الغاز الاختزالية إذ يتفاعل ثانى أوكسيد الكبريت مع الماء فيتكون حامض الكبريتيك ويخرج الايدروجين حسب المعادلة

كب ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا = يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٢ يد (فى حالة ذرية)

وهذا الايدروجين فى حالة تولده يختزل الصبغة النباتية فيزول لونها

فالفرق بين ثانى أوكسيد الكبريت والكلور فى التبييض هو أن الكلور يزيل الألوان لأنه يؤكسدها أما ثانى أوكسيد الكبريت فيزيلها لأنه يختزلها وليس أدل على ذلك من أن التبييض بثانى أوكسيد الكبريت لا يدوم طويلا فى كثير من الأحوال إذ يعود اللون شيئاً فشيئاً بالتعرض للهواء لتأكسد المواد (التى أزيل لونها) بأوكسيجين الهواء

حامض الكبريتوز :

لمحلول غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى الماء تأثير فى عباد الشمس كتأثير

الحوامض إذ يلون الأزرق منه أحمر وذلك لاحتواء المحلول على حامض يعرف باسم حامض الكبريتوز قانونه يد $_{٢}$ كب ا $_{٣}$ والغاز (ثانى أوكسيد الكبريت) فى الحقيقة اندريد هذا الحامض

وحامض الكبريتوز مثل حامض الكربونيك لا يمكن الحصول عليه منفرداً إذ لا يوجد إلا محلولا فى الماء والحرارة تخرج الغاز من المحلول كما أن المحلول يفسد إذا ترك مدة من الزمن إذ يتأكسد إلى حامض كبريتيك ويستدل على صحة ذلك بالتداريب الآتية :

تدريب ٤٦ :

ضع بضع قطرات من محلول إيدروكسيد الباريوم (ماء الباريتا) فى أنبوبة اختبار ثم أضف إليها قليلا من حامض الكبريتيك المخفف يتكون راسب أبيض هو كبريتات الباريوم الذى ينتج من تعادل الحامض مع الايدروكسيد

أضف حامض الايدركلوريك إلى الراسب تجده لا يذوب

تدريب ٤٧ :

أضف محلول ثانى أوكسيد الكبريت إلى محلول إيدروكسيد الباريوم يظهر راسب أبيض (هو كبريتيت الباريوم) وهذا يذوب بسرعة إذا أضفت إليه حامض الايدروكلوريك المخفف

من هذين التدريبين يستنتج أن كبريتات الباريوم غير قابلة للذوبان فى حامض الايدروكلوريك المخفف بينما كبريتيت الباريوم تذوب فيه

تدريب ٤٨ :

حضر محلولا من ثانى أوكسيد الكبريت واتركه مدة من الزمن فى الهواء ثم اختبره باضافة ماء البريتا يتكون راسب أبيض لا يذوب إذا أضفت إليه حامض الايدروكلوريك المخفف

يدل هذا على أن الراسب فى هذه الحالة هو كبريتات الباريوم فلا شك أن حامض الكبريتوز قد تأكسد إلى حامض الكبريتيك

ولما كان ثانى أوكسيد الكبريت عامل اختزال فان حامض الكبريتوز يكون عامل اختزال أيضاً فهو يزيل لون الأزهار والنيلة كما يزيل لون برمنجنات البوتاسيوم ويحول فوق كرومات البوتاسيوم الصفراء إلى كبريتات الكروم الخضراء

أملاح حامض الكبريتوز

لهذا الحامض أملاح تعرف باسم (الكبريتيتات) وبما أنه ثنائى القاعدية فان له سلسلتين من الأملاح هما :

١ — كبريتيتات تنتج من حلول فلز محل كل ايدروجين الحامض وتسمى (كبريتيتات أصلية) مثل الكبريتيتات الأصلية لكل من الصوديوم والبوتاسيوم والباريوم (ص$_{٢}$ كب ا$_{٣}$ ، بو$_{٢}$ كب ا$_{٣}$ ، با كب ا$_{٣}$)

٢ — كبريتيتات تنتج من حلول فلز محل نصف ايدروجين الحامض وتعرف باسم (الكبريتيتات الأيدروجينية) مثل الكبريتيتات الأيدروجينية للصوديوم (ص يد كب ا$_{٣}$)

وتستحضر كبريتيتات الفلزات القلوية (الصوديوم والبوتاسيوم مثلا) بامرار غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى محاليل مركزة لكربونات أو أيدروكسيدات الفلز

تمرين ٤٩ :

خذ كأساً من الزجاج واجعل به حجما معلوماً من محلول الصودا الكاوية المركز وأمرر فى المحلول تياراً من غاز ثانى أوكسيد الكبريت حتى يتشبع به المحلول ويقف امتصاصه له تحصل على محلول كبريتيت الصوديوم الأيدروجينى .

(ص ا يد + كب ا$_{٢}$ = ص يد كب ا$_{٣}$)

أضف إلى المحلول الناتج مثل الحجم الأول من الصودا الكاوية واترك المزيج

مدة تشاهد تكون بلورات صافية عديمة اللون من كبريتيت الصوديوم الأصلى

$$(\text{ص يد كب ا}_{٣} + \text{ص يد ا} = \text{ص}_{٢}\ \text{كب ا}_{٣} + \text{يد}_{٢}\text{ا})$$

أما كبريتيتات الفلزات الأخرى فلكونها غير قابلة للذوبان فى الماء فانها تستحضر بالترسيب فاذا أريد مثلا استحضار كبريتيت الباريوم يضاف محلول كبريتيت الصوديوم إلى محلول كلوريد الباريوم فيحدث تبادل مزدوج بين الملحين ينشأ عنه رسوب كبريتيت الباريوم لعدم قابليته للذوبان

ويمكن ترسيبه أيضاً بامرار ثانى أوكسيد الكبريت فى ماء الباريتا .

ومعظم أملاح حامض الكبريتوز الأصلية غير قابلة للذوبان فى الماء ما عدا أملاح الصوديوم والبوتاسيوم فانها سهلة الذوبان .

وكما أن حامض الكبريتوز يتحول إذا ترك وحده إلى حامض كبريتيك كذلك تتحول أملاحه وحدها أو بالتسخين إلى أملاح حامض الكبريتيك (أى إلى كبريتات) وتأخذ الأوكسيجين اللازم لذلك من الهواء فمثلا تتحول كبريتيت الصوديوم فى الهواء إلى كبريتات صوديوم .

$$(٢\ \text{ص}_{٢}\ \text{كب ا}_{٣} + \text{ا}_{٢} = ٢\ \text{ص}_{٢}\ \text{كب ا}_{٤})$$

وكذلك تتحول كبريتيت الصوديوم الايدروجينية إلى كبريتات الصوديوم ولهذا السبب يصعب الحصول على بلوراتها بتبخير السائل .

الكشف عن حامض الكبريتوز والكبريتيتات :

يتميز ثانى أوكسيد الكبريت عن غيره من الغازات برائحتــــه الخانقة وبتكوينه راسباً أبيض مع ماء الباريتا وهذا الراسب يذوب فى حامض الايدروكلوريك .

تدريب ٥٠ :

ضع قليلا من كبريتيت الصوديوم فى أنبوبة اختبار وصب فوقه بضع قطرات من حامض الايدروكلوريك المخفف تلاحظ فوران السائل وخروج غاز إذا تبينته وجدته ثانى أوكسيد الكبريت

وتشترك جميع الكبريتيات فى هذه الخاصة وهى أنها تتأثر بالحوامض حتى الضعيفة منها كحامض الخليك (ويستثنى من ذلك حامض الكربونيك فهو لا يقوى على التأثير فى الكبريتيات) ويتصاعد أثناء التفاعل غاز ثانى أوكسيد الكبريت .

ففى تفاعل كبريتيت الصوديوم مع حامض الايدروكلوريك مثلا تكون المعادلة كما يأتى :

ص$_{٢}$ كب ا$_{٣}$ + ٢ يدكل = ٢ ص كل + يد$_{٢}$ كب ا$_{٣}$ (يد$_{٢}$ ا + كب ا$_{٢}$)

وتستخدم هذه الحقيقة فى الكشف عن الكبريتيات فاذا أضيف حامض إلى ملح من الأملاح وانبعث من ذلك غاز ثانى أوكسيد الكبريت كان الملح بلا شك من أملاح حامض الكبريتوز

وتكشف أملاح هذا الحامض أيضاً بتكوينها راسباً أبيض مع ماء الباريتا أوكلوريد الباريوم وهذا الراسب يذوب فى حامض الايدروكلوريك المخفف

تركيب ثانى أوكسيد الكبريت بالحجم

ثابت من التجارب الدقيقة أنه إذا أحرق الكبريت فى الأوكسيجين كان حجم ثانى أوكسيد الكبريت مساويا لحجم الأوكسيجين أى أن

كبريت + حجم أوكسيجين = حجما من ثانى أوكسيد الكبريت

وبتطبيق فرض أفوجادرو يتضح أن الجزىء من ثانى أوكسيد الكبريت يشتمل على جزىء من الأوكسيجين أى ذرتين منه فيكون القانون الجزيئى لثانى أوكسيد الكبريت كب$_{س}$ ا$_{٢}$ وبما أن كثافة ثانى أوكسيد الكبريت ٣٢ يكون وزنه الجزيئى ٦٤

ومن هذا يكون وزن س ذرات من الكبريت + وزن ذرتين من الأوكسيجين = ٦٤

ولكن وزن ذرتى الأوكسيجين = ٣٢

∴ وزن س ذرات من الكبريت = ٣٢

وحيث إن الوزن الذرى للكبريت هو ٣٢

∴ س = ١

∴ قانون ثانى أوكسيد الكبريت هو كب $ا_٢$

ثالث أوكسيد الكبريت

للكبريت أوكسيد آخر يسمى ثالث أوكسيد الكبريت وهو يذوب فى الماء منتجاً حامض الكبريتيك فهو فى الحقيقة اندريد حامض الكبريتيك

أحوال تولده :

يتكون مقدار قليل من ثالث أوكسيد الكبريت عند احتراق الكبريت فى الهواء كذلك إذا سخنت كبريتات الحديديك تسخيناً شديداً فانها تنحل إلى أوكسيد الحديديك وثالث أوكسيد الكبريت [$ح_٢$ (كب $ا_٤$ $)_٣$ = $ح_٢$ $ا_٣$ + ٣ كب $ا_٣$] وعند إضافة خامس أوكسيد الفوسفور إلى حامض الكبريتيك المركز يمتص الأول من الحامض عنصرى الماء ويظهر بعد ذلك ثالث أوكسيد الكبريت

تدريب ٥١*

ضع قليلا من حامض الكبريتيك المركز فى كأس وخذ على نصل المبراة قدراً يسيراً من خامس أوكسيد الفوسفور وألقه فى الكأس وسخنه بلطف تشاهد تكوين سحب بيضاء من ثالث أوكسيد الكبريت

استحضاره فى المعمل .

يتحد ثانى أوكسيد الكبريت بالأوكسيجين مع وجود عامل وسيط ويتكون من اتحادهما ثالث أوكسيد الكبريت حسب المعادلة الآتية :

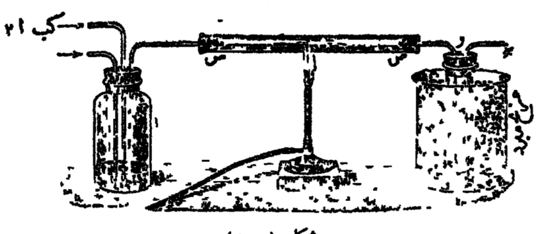
٢ كب $ا_٢$ + $ا_٢$ = ٢ كب $ا_٣$

والعامل الوسيط إما أن يكون أوكسيد النيتريك أو البلاتين المرسب فى الحرير الصخرى

ويستحضر الحرير الصخرى المبلاتن بأن ينقع الحرير الصخرى فى محلول كلوريد البلاتين ثم فى محلول كلوريد الأمونيوم وبعد أن يجفف يسخن لدرجة الاحمرار فيتطاير كلوريد الأمونيوم أولا ثم ينحل كلوريد البلاتين فيتطاير الكلور ويبقى البلاتين راسباً فى ثنايا الحرير الصخرى

تمرين ٥٢ *

أعد الجهاز المبين (بشكل ١٠٥) وسخن الحرير الصخرى البلاتينى فى



شكل (١٠٥)

أنبوبة الاحتراق (س ص) وصل القارورة بجهازى استحضار الأوكسيجين وثانى أوكسيد الكبريت بعد أن تملأ جزءاً منها بحامض الكبريتيك المركز لتجفيف الغازين عند مرورهما فيها

أمرر الغازين (بعد تجفيفهما) فوق الحرير الصخرى الساخن واجمع الناتج فى أنبوبة اختبار (و) تضعها فى مزيج مبرد فى كأس من الزجاج

لاحظ أن أبخرة كثيفة بيضاء من ثالث أوكسيد الكبريت تخرج من فوهة الأنبوبة (ح)

بعد تمام التفاعل أخرج أنبوبة الاختبار من المزيج المبرد تجد بها بلورات شعرية بيضاء هى ثالث أوكسيد كبريت متكاثف

خواص ثالث أوكسيد الكبريت :

ثالث أوكسيد الكبريت يكون سائلا فى الدرجات المعتادة إلا أنه إذا برد يتحول بسرعة إلى مادة صلبة بيضاء على شكل إبر بلورية تنصهر فى درجة

(١٥°م) وبالنسبة لانخفاض درجة غليانه فانه يكون سهل التطاير فى الدرجات المعتادة وهو يدخن فى الهواء مكوناً سحباً بيضاء كثيفة ناتجة من اتحاد بخاره برطوبة الهواء وتكوين قطرات دقيقة من حامض الكبريتيك

ولثالث أوكسيد الكبريت شره عظيم للماء إذ يتحد به إذا ألقى فيه ويسمع عند اتحادهما صوت يشبه صوت الحديد المحمى إذا ألقى فى الماء البارد ويتكون من الاتحاد حامض الكبريتيك حسب المعادلة

(كب ا٣ + يد٢ ا = يد٢ كب ا٤) ولهذه الخاصة لا يمكن الاحتفاظ ببلورات ثالث أوكسيد الكبريت إلا فى آنية جافة مسدودة سداً محكماً منعاً لوصول الرطوبة إليها كذلك يجب منع آثار الرطوبة من الجهاز عند تحضير ثالث أوكسيد الكبريت ولذا يجفف كل من ثانى أوكسيد الكبريت وغاز الأوكسيجين تجفيفاً تاماً كما يسخن الحرير الصخرى قبل استعماله لطرد ما يكون به من الماء

ويتحد ثالث أوكسيد الكبريت مباشرة ببعض أكاسيد فلزية منتجا كبريتات الفلز فاذا مزج أوكسيد الباريوم مثلا بثالث أوكسيد الكبريت اتحدا ونتج عن اتحادهما كبريتات الباريوم وتنبعث عند الاتحاد حرارة شديدة تسخن المزيج لدرجة الاحمرار (با ا + كب ا٣ = با كب ا٤)

حامض الكبريتيك

أحوال تولد الحامض

تدريب ٥٣*

تأثير الحرارة فى الزاج الأخضر :

سخن بلورات من الزاج الأخضر فى أنبوبة اختبار تثبتها فى وضع مائل بحيث تكون فوهتها متجهة إلى الأسفل ميلا حتى لا يرجع أى سائل يتكون أثناء التسخين إلى الجزء المسخن من الأنبوبة فيكسره

لاحظ أن البلورات فى أول الأمر تفقد ماء تبلر يتكاثف على الجزء البارد من جدار الأنبوبة

سخن الأنبوبة بشدة تشاهد أن الزاج ينحل ويتصاعد منه غاز ثانى أوكسيد الكبريت ويتكاثف على الجدار من أسفل سائل أصفر اللون يتجمع ويسيل من الأنبوبة فيمكن أن تتلقاه فى أنبوبة أخرى وتجد له تأثيراً حمضياً فى عباد الشمس

فما هو إلا حامض الكبريتيك

افحص ما يتخلف فى الأنبوبة بعد انحلال الزاج تجده مادة سمراء ذات حمرة هى أوكسيد الحديديك

وتفسير ماحدث أن الحرارة تؤثر فى الزاج الأخضر فتخرج منه فى أول الأمر بعض ما فيه من ماء التبلر ثم إذا ما ارتفعت درجة الحرارة كثيراً انحل الزاج إلى أوكسيد حديديك الذى يتخلف فى الأنبوبة وثانى أوكسيد كبريت الذى يتصاعد فتشم رائحته وثالث أوكسيد كبريت وهذا الأخير يتحد مع ما بقى من ماء التبلر مكوناً لحامض الكبريتيك

ويمثل لهذة التغيرات بالمعادلات الآتية : —

(١) ح كب ا$_{٤}$ ، ٧ يد$_{٢}$ ا ⇄ ح كب ا$_{٤}$ ، يد$_{٢}$ ا + ٦ يد$_{٢}$ ا

(٢) ح كب ا$_{٤}$ ، يد$_{٢}$ ا = ح$_{٢}$ ا$_{٣}$ + كب ا$_{٣}$ + كب ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا

(٣) كب ا$_{٣}$ + يد$_{٢}$ ا = يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$

ويتولد حامض الكبريتيك فى عمليات كثيرة أخرى وقد رأينا أن محلول ثانى أوكسيد الكبريت إذا ترك معرضا للجو زمناً يتأكسد ويتحول إلى حامض كبريتيك إلا أن هذا التغير لا يصلح لاستحضار مقادير وافرة من الحامض تكفى لمختلف الأغراض الصناعية لأن التأكسد يكون بطيئاً فضلا عن أن الحامض الناتج يكون مخففاً جداً .

أهمية الحامض فى الصناعة

يستهلك من حامض الكبريتيك فى العام الواحد ما لا يقل عن أربعه ملايين من الأطنان وذلك لأنه يستخدم لأغراض شتى منها صناعة حامض الايدروكلوريك وحامض النيتريك والكلور وصودا الغسيل واستحضار الأصباغ والمفرقعات والأسمدة والشب كما أنه يستعمل فى عمليات الصباغة والتبييض والطلاء بالكهرباء وغير ذلك .

صناعة حامض الكبريتيك

ذكرنا فيما تقدم أن ثانى أوكسيد الكبريت يتحد بالأوكسيجين مع وجود عامل وسيط وقلنا إن هذا العامل إما أن يكون الحرير الصخرى البلاتينى أو أوكسيد النيتريك ويستحضر الحامض فى الصناعة بطريقتين تختلفان باختلاف العامل الوسيط .

الطريقة الأولى : عملية التلامس

فى هذه الطريقة يستخدم الحرير الصخرى البلاتينى عاملا وسيطاً فيوضع فى أنابيب مسخنة لدرجة (٤٠٠° م) ثم يمرر عليه مزيج من الهواء وثانى أوكسيد الكبريت بعد تنقيتهما وتجفيفهما تماماً فيتكون من تأكسد ثانى أوكسيد الكبريت بأوكسيجين الهواء ثالث أوكسيد الكبريت الذى يخرج من الأنابيب على شكل أبخرة بيضاء كثيفة ولما كان الماء لا يقوى على امتصاص كل هذه الأبخرة بسرعة وكان حامض الكبريتيك الذى قوته ٩٧ ٪ يستطيع أن يمتصها بسهولة فان الأبخرة والغازات المنبعثة من الأنابيب تمرر فى أحواض من زهر الحديد محتوية على حامض كبريتيك قوته ٩٧ ٪ فيمتص ثالث أوكسيد الكبريت عن آخره وبذلك تزداد قوة الحامض فيضعف امتصاصه لثالث أوكسيد الكبريت . ولتلافى ذلك يضاف إليه الماء تدريجاً ليبقى دائماً عند هذا الحد من القوة .

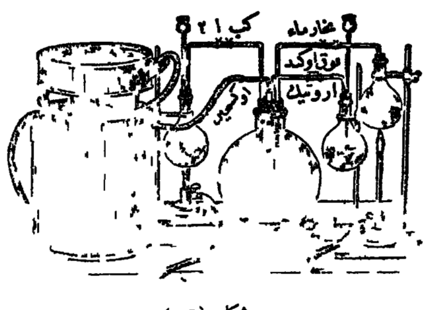
الطريقة الثانية : عملية التقيطن

فى هذه الطريقة يستخدم أوكسيد النيتريك عملا وسيطاً لأكسدة ثانى

أوكسيد الكبريت ويمكن تمثيل تحضير الحامض بهذه الطريقة بالتدريب الآتي

تدريب ٥٤

خذ قارورة واسعة ينفذ فى سدادها خمس أنابيب (شكل ١٠٦)



شكل (١٠٦)

الأولى : متصلة بجهاز استحضار ثانى أوكسيد الكبريت

الثانية : « « « « الأوكسيجين

الثالثة : « « « « أوكسيد نيتريك (النحاس مع حامض النيتريك المخفف بمثل حجمه من الماء) .

الرابعة : متصلة بجهاز توليد بخار الماء .

الخامسة : تجعلها مخرجا

أمرر تياراً من كل هذه الغازات فى القارورة يتحد ثانى أوكسيد الكبريت مع الأوكسيجين بمساعدة أوكسيد النيتريك ويتكون ثالث أوكسيد الكبريت الذى يتحد مع الماء منتجاً حامض كبريتيك يتجمع فى قاع القارورة ويمكن التحقق من ذاتيته بالطرق المعروفة .

أوقف تيار بخار الماء تشاهد تكون بلورات بيضاء على جدران القارورة وهذه البلورات هى ماتعرف باسم (بلورات القيعان) وتتكون عندما

يكون تيار بخار المـاء بطيئاً جداً أو معدوماً وقانونها [(ن ا) يد كب ا$_٤$] أى حامض كبريتيك حلت فيه المجموعة (ن ا) محل ذرة ايدروجين

ادخل بخار الماء فى القارورة ثانية تلاحظ اختفاء البـلورات وخروج غاز أحمر وذلك لأنها تتحد مع الماء مكونة حامض الـكبريتيك وينبعث منها إذ ذاك أوكسيد النيتريك (ن ا) الذى يتحـد مع الأوكسيجين مكوناً أبخرة حمراء من فوق أوكسيد النيتريك (ن ا$_٢$)

عمل العامل الوسيط

للآن لم يتفق العلماء على الدور الذى يقوم به أوكسيد النيتريك فى هذا التفاعل غير أنه يمكن تمثيل عمله بما يأتى :

يتحد أوكسيد النيتريك مع الأوكسيجين مكوناً فوق أوكسيد النيتريك وهو غاز أحمر يتفاعل مع ثانى أوكسـيد الكبريت فيعطيه جزءاً من الأوكسيجين ويؤكسده إلى ثالث أوكسيد الكبريت ويتحول هو إلى أوكسيد نيتريك وهو [illegible] ودائماً [illegible] الأوكسيجين مرة ثانية و[illegible] تأكسده مرة أخرى وتستمر العمليـــة دون انقطاع و[illegible] عنه بالمعادلتين الآتيتين :

(١) ٢ ن ا + ا$_٢$ = ٢ ن ا$_٢$

(٢) ن ا$_٢$ + كب ا$_٢$ = كب ا$_٣$ + ن ا

ومن هذا يرى أن أوكسيد النيتريك ليس فى الحقيقة إلا واسطة لنقل الأوكسيجين إلى ثانى أوكسيد الكبريت

ويحضر الحامض فى الصناعة بطريقة لا تختلف عما هو [illegible] فى التجريب السابق ويحصر العمل فيما يأتى :

أولا — يسخن الكبريت الخام فى أفران خاصة تمد بكثير من الهواء فيتكون ثانى أوكسيد الكبريت

ثانياً — يمرر ثانى أوكسيد الكبريت الساخن الممزوج بالهواء [illegible]

على أوعية محتوية على حامض النيتريك المركز (أو مواد مولدة له مثل ملح البارود وحامض الكبريتيك) فيتبخر الحامض ويمتزج بخاره بالهواء وثانى أوكسيد الكبريت

ثالثاً — توجه هذه الغازات إلى قاعات متسعة مبطنة جدرانها بالرصاص وينفذ إليها تيار من بخار الماء وهناك تمتزج هذه الغازات امتزاجاً تاماً فيتحد بعض من ثانى أوكسيد الكبريت مع بخار حامض النيتريك فيختزله إلى أوكسيد نيتريك وعند تولد هذا الغاز وظهوره يتحد ثانى أوكسيد الكبريت بالأوكسيجين ويتكون حامض الكبريتيك الذى يتجمع على أرض هذه القيعان حيث يمكن استخراجه

وقد تتكون فى هذه القيعان البلورات البيضاء المذكورة سابقاً إذا كان تيار بخار الماء ضعيفاً

استخلاص أكاسيد النيتروجين :

يخرج من القيعان كميات وافرة من أكاسيد النيتروجين وهذه لا تترك حتى تضيع دون أن ينتفع بها بل تؤخذ الاحتياطات اللازمة لاستخلاصها وإعادتها إلى القيعان وبذلك لا يستهلك مقدار كبير من حامض النيتريك ولهذا الغرض تمرر الغازات الخارجة من القيعان فى برج يعرف باسم (برج غايلوساك) وهو مملوء بفحم الكوك ويتساقط فيه حامض الكبريتيك المركز الذى يمتص أكاسيد النيتروجين أثناء صعودها فى البرج ويهبط بها إلى القاع ومن هناك ينزح بواسطة مضخات إلى قمة برج آخر يسمى برج جلوفر (Glover) وهو مملوء بالحجر الصوان وموضوع بالقرب من مدخل القيعان بحيث تمر به الغازات الساخنة قبل وصولها إلى القيعان وفى هذا البرج يمتزج الحامض المركز الحاوى لأكاسيد النيتروجين بحامض مخفف ينقل إليه من القيعان فيتساقط الحامضان معا ويتأثر الحامض المركز بالماء الموجود فى الحامض المخفف فتخرج منه أكاسيد النيتروجين (كما تخرج من بلورات القيعان إذا تأثرت بالماء) وتندفع هذه الأكاسيد مع الغازات الساخنة إلى القيعان حيث تعود إلى التفاعل الكيماوى مرة ثانية

ويلاحظ أن الحامض الذى يتجمع فى أسفل برج جلوفر يكون مركزا لأن الحامض المخفف الذى ينقل إليه من القيعان يفقد جزءاً كبيراً من مائة بتأثير حرارة الغازات التى تمر فيه

تركيز الحامض وتنقيته :

الحامض المتجمع فى القيعان لاتزيد قوته على ٧٠ ./. أى أنه يحتوى على ٣٠ ./. من الماء أما الحامض المتجمع فى أسفل برج جلوفر فانه يكون أقوى من ذلك إذ تبلغ قوته ٨٠ ./. تقريبا

ولتركيز الحامض يسخن فى أحواض من الرصاص إلى أن تصير قوته ٨٠ / وبعدها لا يصلح الرصاص لهذه العملية لأنه يتأثر إذ ذاك بالحامض

ولزيادة تركيز الحامض يبخر فى أوعية من الزجاج أو البلاتين فتصير قوته ٩٨٫٣ ./. ولا يمكن الحصول على حامض كبريتيك أقوى من ذلك بواسطة البخر — وفى الظروف النادرة التى يراد فيها الحصول على حامض قوته ١٠٠ ٪ يبرد الحامض فتظهر فيه بلورات من حامض كبريتيك نقية خالية تماماً من الماء تنصهر فى درجة (١٠٫٥°م)

والحامض التجارى لا تزيد قوته فى الغالب عن ٩٤ ٪ ويكون عادة أسمر اللون ولذلك يقال له زيت الزاج الأسمر ويعرف فى التجارة باسم (Brown Oil of Vitroil) ويرمز له بالحروف (B. O. V.) وسبب هذه السمرة وجود مواد عضوية متفحمة فيه . وقد يحتوى الحامض أيضاً على كبريتات رصاص وأكاسيد النيتروجين والزرنيخ والأخير يرجع وجوده إلى عدم نقاء الكبريتيدات الطبيعية

وينقى الحامض من هذه الشوائب بالتقطير فتخرج أكاسيد النيتروجين مع الزرنيخ فى الأجزاء الأولى من السائل المقطر أما ما يجى بعد ذلك فيكون نقياً لأن كبريتات الرصاص تتخلف فى معوجات التقطير

صفات حامض الكبريتيك :

حامض الكبريتيك المركز النقى سائل صاف لا لون له ثقيل زيتى القوام يجمد بالتبريد فيصير على هيئة بلورات عديمة اللون تنصهر عند درجة ١٠ر٥ م .

والحامض النقى الخالى من الماء يغلى فى درجة ٢٧٠ م وينحل انحلالا جزئياً أثناء غليانه وكثافته ١ر٨٥ جم عند ١٥°م وإذا سخن الحامض النقى فانه يفقد ثالث أوكسيد الكبريت وترتفع درجة غليانه وتقل درجة تركيزه تدريجاً إلى أن تصير قوته ٩٨ر٣ ٪ وعندها يغلى الحامض دون تغير فى تركيبه وتكون درجة غليانه إذ ذاك ٣٣٠° م . وإذا سخن الحامض المخفف فانه يفقد بعض مائه وتزيد درجة تركيزه وترتفع درجة غليانه إلى أن تصل إلى ٣٣٠° م وعندها يغلى الحامض دون تغير فى تركيبه وتكون قوته إذ ذاك ٩٨ر٣ ٪

والحامض المركز شديد الميل للماء ويمتزج به بأية نسبة وترتفع درجة حرارة المزيج ارتفاعاً شديداً ويكون حجمه أقل من مجموع حجمى الحامض والماء

ولشدة شره الحامض للماء فانه يستطيع أن ينتزع عنصرى الماء من المركبات التى تحويهما ولهذا فهو يصير المواد العضوية كالخشب والورق والسكر (شكل ١٠٧) فحماً أسود لأنه يزيل منها عنصرى الايدروجين والأوكسيجين فلا يبقى منها إلا الكربون . كذلك يؤثر الحامض فى حامض الأوكساليك فيمتص منه عنصرى الماء ويترك مزيجاً من أول أوكسيد الكربون وثانى أوكسيد الكربون

شكل (١٠٧)

ولشدة ميل الحامض للماء فانه يستعمل لتجفيف المواد وخصوصاً الغازات التى لا يؤثر فيها تأثيراً كيماويا

فعل الحامض فى الفلزات :

يذيب الحامض المخفف فلزات الخارصين والحديد والماغنيسيوم فتحل فيه محل الايدروجين ويذج كريتات الفلز أما الحامض المركز فلايؤثر فى الفلزات إذا كان بارداً ، أما إذا سخن فانه يذيب أغلب الفلزات المعروفة فيتكون كبريتات الفلز وينفرد ثانى أوكسيد الكبريت. وليس للحامض تأثير فى فلزى الذهب والبلاتين مهما كانت درجة حرارته أو تركزه

فعل الحامض فى العناصر الغير الفلزية :

تدريب ٥٥

ألق قطعة من الكبريت فى أنبوبة اختبار محتوية على حامض كبريتيك مركز ثم سخن الأنبوبة تلاحظ خروج غاز إذا كشفت عنه تجده ثانى أوكسيد كبريت

(كب + ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ٢ يد$_{٢}$ ا + ٣ كب ا$_{٢}$)

تدريب ٥٦

أعد التدريب السابق مستعملا الكربون بدل الكبريت تحصل على غاز ثانى أوكسيد الكبريت أيضاً إلا أنه فى هذه الحالة يكون ممزوجاً بثانى أوكسيد الكربون (ك + ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ٢ يد$_{٢}$ ا + ك ا$_{٢}$ + ٢ كب ا$_{٢}$)

ملاحظة : لا يمكن الكشف عن غاز ثانى أوكسيد الكربون فى مثل هذه التجربة بامرار الغازات فى ماء الجير لأنه لا يتعكر لعدم تكون أى راسب أبيض وسبب هذا أن كربونات الكالسيوم تتأثر حتى بالحوامض الضعيفة فكلما تكونت أذابها حامض الكبريتوز وأفضل طريقة للتحقق من وجود ثانى أوكسيد الكربون فى هذه الحالة أن يمرر مزيج الغازين فى محلول قوى محمض من برمنجنات البوتاسيوم فيمتص ثانى أوكسيد الكبريت ويخرج ثانى أوكسيد الكربون الذى يمكن الكشف عنه بعد ذلك بماء الجير

فعل الحامض فى التأكسد :

حامض الكبريتيك المركز عامل مؤكسد قوى وليس أدل على ذلك من أنه يؤكسد الكبريت إلى ثانى أوكسيد كبريت ويحول الكربون إلى ثانى أوكسيد كربون والحامض نفسه يختزل إلى ثانى أوكسيد كبريت

وإذا أمر الأيدروجين فى حامض الكبريتيك المركز الساخن فان الأخير يختزل ويتحول إلى ثانى أوكسيد كبريت وتجب مراعاة هذه الحقيقة عند تجفيف الأيدروجين

فعل الحامض فى القواعد :

يؤثر الحامض المركز أو المخفف فى الأكاسيد والأيدروكسيدات فيتكون ملح (كبريتات) وماء

مثال ١ — (يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + نح ا = نح كب ا$_{٤}$ + يد$_{٢}$ ا)

مثال ٢ — (يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٢ ص ا يد = ص$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا)

فعل الحامض فى أملاح الحوامض الأخرى :

يتفاعل حامض الكبريتيك المركز مع أملاح الحوامض الأخرى وفى الغالب يطرد الحامض الآخر . وقد رأينا من ذلك أمثلة عدة نذكر منها ما يأتى :

١) كلوريد صوديوم + حامض كبريتيك = كبريتات صوديوم + حامض أيدروكلوريك

٢) كربونات صوديوم + حامض كبريتيك = كبريتات صوديوم + حامض كربونيك (ينحل إلى ماء وثانى أوكسيد كربون)

٣) نيترات بوتاسيوم + حامض كبريتيك = كبريتات بوتاسيوم + حامض نيتريك

٤) نيتريت صوديوم + حامض كبريتيك = كبريتات صوديوم + حامض كبريتوز (ينحل إلى ماء وثانى أوكسيد كبريت)

والسبب فى أن حامض الكبريتيك قادر على طرد هذه الاحماض من

أملاحها أن هذه الأحماض أكثر منه تطايراً فعند تسخين حامض الكبريتيك المركز مع ملح الطعام مثلا يكون حامض الايدروكلوريك الناتج من التفاعل قابلا للتطاير فى درجة الحرارة التى تحدث فيها العملية ولذلك فانه يتصاعد ويخرج من منطقة التفاعل فيمكن جمعه. ولو كان الأمر غير ذلك لبقى الحامض دون تطاير فيستطيع إذ ذاك أن يتفاعل مع كبريتات الصوديوم مكوناً حامض كبريتيك وكلوريد الصوديوم ، وبهذا ينعكس التفاعل ويكون المزيج حاوياً للمواد الأربع الموجودة فى طرفى المعادلة الممثلة للتفاعل

<u>أملاح حامض الكبريتيك</u>

تعرف أملاح هذا الحامض باسم « كبريتات » ، ومنها ما ينتج من حلول الفلز محل كل الايدروجين فى حامض الكبريتيك فتسمى كبريتات أصلية، ومنها ماينتج من حلول الفلز محل نصف الايدروجين فى الحامض فتسمى كبريتات ايدروجينية ، وذلك لأن حامض الكبريتيك ثنائى القاعدية .

تدريب ٥٧ *

استحضر جفنة بخر نظيفة جافة واعلم وزنها بالدقة واجعل بها قدر (٦) جرامات من ملح الطعام وزنها ثانياً لتعلم وزن الملح وحده.

صب فوق الملح (٥) جرامات من حامض الكبريتيك المركز تكون قد وزنتها من قبل فى كأس صغير تلاحظ خروج غاز إذا تبينت ذاتيته تجده حامض الايدروكلوريك .

زن الجفنة بما فيها بعد انتهاء [illegible] وزن ما تصاعد من حامض الايدروكلوريك .

سخن الجفنة بهدوء أولا ثم بشـدة لتتصاعد [illegible] غاز حامض الايدروكلوريك مرة ثانية.

دع الجفنة تبرد بعد انقطاع تولد الغاز ثم زنها لتعرف وزن ما تصاعد من حامض الايدروكلوريك فى الدفعة الثانية تجده مساويا وزن الحامض المتصاعد فى المرة الأولى .

من هذا يستنتج أن تفاعل حامض الكبريتيك المركز مع ملح الطعام يحدث على دفعتين مصحوبتين بخروج مقدارين متساويين من حامض الايدروكلوريك .

ويحدث التفاعل الأول فى درجات الحرارة العادية وينتج عنه كبريتات الصوديوم الايدروجينية حسب المعادلة :

يد$_{٢}$ كب أ$_{٤}$ + ص كل = ص يد كب أ$_{٤}$ + يد كل

أما التفاعل الثانى فيحدث فى درجة حرارة عالية وفيه تتحد الكبريتات الايدروجينية مع مقدار آخر من ملح الطعام مكونة كبريتات أصلية ويمثل بالمعادلة :

ص يد كب أ$_{٤}$ + ص كل = ص$_{٢}$ كب أ$_{٤}$ + يد كل

طرق استحضار الكبريتات

تستحضر الكبريتات بالطرق الآتية :

(١) بتأثير فلز فى حامض الكبريتيك ويمكن بهذه الطريقة استحضار كبريتات الحديد والخارصين والماغنيسيوم والنحاس والزئبق والرصاص والفضة .

(٢) بتأثير حامض الكبريتيك فى قاعدة أو كربونات وهذه طريقة عامة يمكن استخدامها فى كل الأحوال .

(٣) بتأثير حامض الكبريتيك فى ملح حامض آخر فمثلا يستحضر كبريتات الصوديوم بتأثير حامض الكبريتيك فى ملح الطعام.

ويلاحظ أنه يجب أن يكون حامض الملح أكثر تطايراً من حامض الكبريتيك .

(٤) بالترسيب : تستحضر بهذه الطريقة الكبريتات التى لا تذوب فى الماء فاذا أريد استحضار كبريتات الباريوم مثلا يمزج محلول ملح من أملاح الباريوم القابلة للذوبان مع محلول كبريتات فلز آخر فيرسب كبريتات الباريوم، فمثلا :

كلوريد باريوم + كبريتات صوديوم = كلوريد صوديوم

+ كبريتات باريوم

باكل$_{٢}$ + ص$_{٢}$كب أ$_{٤}$ = ٢ ص كل + با كب أ$_{٤}$

وأشهر الكبريتات ما يأتى :

أولا : كبريتات الصوديوم

هو ملح أبيض مر الطعم يستعمل فى الطب مسـهلا ، ويجهز للتجارة بتأثير حامض الكبريتيك المركز فى ملح الطعام أثناء استحضار غاز كلوريد الآيدروجين أو بتأثير ذلك الحامض فى نيترات الصوديوم عند تجهيز حامض النيتريك . وتعرف بلوراته باسم ملح جلوبر (Glauber) وهى تتزهر إذا عرضت للهواء ، واذا سخنت تفقد ماء التبلر وتصير مسحوقا أبيض

ثانيـاً : كبريتات الحديدوز

هو المعروف بالزاج الأخضر ويحضر باذابة الحديد فى حامض الكبريتيك المخفف ، وهو ملح بلوراته تحوى ماء تبلر . وهو سريع الذوبان فى الماء . وإذا سخن يتصاعد منه ماء التبلر وغاز ثانى أوكسيد الكبريت وثالث أوكسيد الكبريت ويبقى منه أوكسيد الحديديك . وقديماً كان هذا الملح يستخدم فى تحضير حامض الكبريتيك الذى كان يسمى زيت الزاج . أما الآن فهو يستخدم فى صناعة المداد الأزرق القاتم وبعض الأصباغ ويستخدم فى المعامل كعامل اختزال

ثالثـاً : كبريتات النحاس

هو المعروف بالزاج الأزرق ويعرفه العامة باسم « التوتيا الزرقاء » . ويحضر باذابة النحاس أو أوكسيده أو كربوناته فى حامض الكبريتيك ، وبلوراته زرقاء ذات لمعان زجاجى جميل ، سريعة الذوبان فى الماء ، وإذا سخنت تفقد ماء تبلرها وتتحول إلى مسحوق أبيض لا مثنى يعود إليه اللون الأزرق إذا

أضيف إليه الماء . ويستعمل هذا الملح فى بعض الأعمدة الكهربية وفى الطلاء بالنحاس وفى الصباغة ، وتجهز منه محاليل لقتل حشرات الزراعة

رابعاً : كبريتات الماغنيسيوم

يعرف بملح إبسوم (Epsom) ويعرفه العامة بالملح الانجليزى ، وبلوراته صافية تحوى ماء التبلر الذى ينفصل عنها إذا سخنت ، وهى سريعة الذوبان فى الماء وذات طعم مر . ويوجد هذا الملح فى بعض المياه المعدنية وفى ماء البحر . ويجهز للتجارة باذابة صخر الدولوميت (وهو كربونات كالسيوم وماغنيسيوم) فى حامض الكبريتيك فيتكون كبريتات كالسيوم قليل الذوبان ، وكبريتات ماغنيسيوم قابل للذوبان يفصل محلوله بالترشيح ويبلور الملح منه . ويمكن تجهيزه فى المعمل باذابة الماغنيسيوم أو أوكسيده فى حامض الكبريتيك

خامساً : كبريتات الخارصين

يحصل عليه باذابة الخارصين فى حامض الكبريتيك المخفف ، ثم تبخير المحلول فيتبلور الملح منه على هيئة بلورات بيضاء صافية تعرف بالزاج الأبيض . وهو سريع الذوبان فى الماء ويستعمل محلوله كثيراً لمداواة بعض أمراض العيون .

سادساً : كبريتات الكالسيوم

يوجد فى الكون متبلراً محويا على ماء تبلر ويعرف بالجبس ، كما يوجد على هيئة بلورات لاماء فيها تسمى انهيدريت . والمرمر هو كبريتات كالسيوم متبلر شف ، والسيلينيت بلورات من كبريتات كالسيوم طبيعى كثيراً ما تستخدم فى صنع بعض أجهزة الابصار . وكبريتات الكالسيوم مادة قليلة الذوبان فى الماء . والجبس إذا سخن إلى ١٢٠ م يفقد ثلاثة أرباع ماء تبلره فيتحول إلى مادة مسحوقة بيضاء إذ خلطت بالماء تمتصه ويكبر حجمها وتتصلب ، ويعرف هذا المسحوق باسم «المصيص» ، ويستعمل كثيراً فى صنع القوالب والتماثيل وفى الطب عند جبر العظام المكسورة

الكشف عن الكبريتات

تدريب ٤٠*

أولا : استعمل كبريتات الصوديوم ، وأثبت الحقائق الآتية :

ا — إذا أضيف محلول كبريتات إلى محلول كلوريد الباريوم رسب راسب أبيض ثقيل (هو كبريتـــات الباريوم) لايذوب فى حامض الايدروكلوريك المخفف

ب — إذا أضيف محلول كبريتات إلى محلول خلات الرصاص حدث راسب أبيض (كبريتات الرصاص) يذوب فى محلول خلات الأمونيوم المركز

أســـئلة

أولا : على الكبريت

١ — كيف يفصل الكبريت مما يكون مختلطاً به من الشوائب الأرضية؟

٢ — فى أي الظروف يتكون زهر الكبريت وفى أيها يتكون الكبريت المرسب ؟

٣ — وازن بين أوصاف صور الكبريت ذاكراً أوجه الفرق والشبه بينها ، واذكر بعض الأدلة على أن هذه الصور مادة واحدة

٤ — اذكر التغيرات الطبيعيـة التى تحدث للكبريت إذا سخن بمعزل عن الهواء

٥ — اشرح بالتفصيل ماتفعله للحصول على بعض كبريت منشورى وبعض كبريت رخو

٦ — اشرح فعل بخار الكبريت فى كل من النحاس المسخن والحديد والأوكسيجين والأيدروجين والكربون على انفراد مع ذكر الناتج فى كل حالة

٧ — صف كلا من الصور الهامة للكبريت واذكر كيف يمكن تحويل كل منها إلى إحدى الصور الأخرى

٨ — اشرح كيف يجهز كبريت العمود للتجارة ، واذكر بعض منافع الكبريت للانسان

ثانياً : على كبريتيد الأيدروجين

٩ — اشرح كيف تستحضر كبريتيد الأيدروجين بعملية تأليف واذكر أهم أوصاف الغاز الطبيعية

١٠ — اشرح كيف تستحضر فى المعمل ملء بضعة مخابير من غاز كبريتيد الأيدروجين ، وارسم الجهاز اللازم لذلك

١١ — اذكر ثلاث تجارب تثبت بها أن كبريتيد الأيدروجين عامل اختزال

١٢ — كيف تميز بين مخبارين بأحدهما غاز الأيدروجين وبالثانى غاز كبريتيد الايدروجين ؟

١٣ — كيف تثبت أن كبريتيد الأيدروجين يحوى عنصرى الكبريت والأيدروجين ؟ ما نسبة كل منهما فيه بالوزن ؟

١٤ — اشرح تأثير كبريتيد الأيدروجين فى محاليل حمضية لنيترات الفضة وكبريتات النحاس ونيترات الرصاص

١٥ — ماذا ينتج عن احتراق كبريتيد الأيدروجين (أولا) فى حيز محدود من الهواء ؟

(ثانياً) فى مقدار وافر من الهواء ؟

١٦ — كيف تثبت أن كبريتيد الايدروجين يحوى مثل حجمه من الايدروجين ؟

١٧ — اشرح المعنى العام للتأكسد والاختزال واذكر تجارب تؤيد بها هذا الشرح مستعملا كبريتيد الايدروجين .

١٨ — اشرح تأثير (أولا) إمرار ايدروجين فى أنبوبة تحوى كبريتاً مسخناً (ثانياً) إمرار كبريتيد ايدروجين وحـــده فى أنبوبة ساخنة جداً . ماذا تستنتج من نتيجتى هاتين العمليتين ؟

١٩ — ما أوجه الفرق بين الغاز المجهز بفعل حامض الكبريتيك المخفف فى برادة الحـــديد والغاز المنفصل بفعل نفس الحامض فى كبريتيد الحديدوز ؟

ثالثاً : على اوكسدى الكبريت وحامضيهما

٢٠ — كيف يستحضر غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى المعامل الدراسية وما أهم أوصافه الطبيعية ؟

٢١ — اشرح فعل ثانى أوكسيد الكبريت فى إزالة الألوان ووازن بينه وبين الكلور فى ذلك .

٢٢ — كيف يمكن الحصول على ثانى أوكســـيد الكبريت من حامض الكبريتيك ؟

٢٣ — كيف تميز بين مخبارين يحوى أحدهما ثانى أوكسيد الكربون ويحوى الثانى ثانى أوكسيد الكبريت ؟

٢٤ — كيف تثبت أن غاز ثانى أوكسيد الكبريت يحوى مثل حجمه من الأوكسيجين ؟ وكيف تصل من ذلك إلى تعيين قانونه الجزيئى ؟

٢٥ — كيف تعلل انبعاث غاز ثانى أوكسيد الكبريت عند تأثير حامض الكبريتيك المركز الساخن فى النحاس ؟

٢٦ — اذكر بعض تجارب تثبت بها أن غاز ثانى أوكسيد الكبريت يكون أحيانا عامل اختزال وأحيانا عاملا مؤكسداً .

٢٧ — ما هى الكبريتيتات ، وكيف تحضر كبريتيت الصوديوم ، وكيف تميز الكبريتيتات عن غيرها من الأملاح ؟

٢٨ — ما تأثير إمرار غاز الكلور فى محلول مائى لغاز ثانى أوكسيد الكبريت وفى محلول مائى لغاز كبريتيد الايدروجين ؟

٢٩ — اشرح طريقة الحصول على كبريتيت صوديوم أصلى وآخر ايدروجينى ؟

٣٠ — فى أى الظروف يتحد ثانى أوكسيد الكبريت بالأوكسيجين وماذا ينتج عن هذا الاتحاد ؟

٣١ — أحرق بعض الكبريت فى مخبار من الأوكسيجين ، ثم صب فى المخبار محلول صودا كاوية ورج فيه . ماذا يحدث إذا ركز المحلول الحادث وأضيف إليه حامض أيدروكلوريك وماذا تكون النواتج فى تلك الخطوات المختلفة ؟

٣٢ — كيف يحصل على ثالث أوكسيد الكبريت من حامض الكبريتيك وما أهم أوصاف هذا الأوكسيد ؟

٣٣ — كيف تجهز مقداراً من ثالث أوكسيد الكبريت فى المعمل ؟ ارسم الجهاز الذى يلزم لذلك .

٣٤ — اشرح طريقة لتحويل ثانى أوكسيد الكبريت إلى حامض كبريتيك فى المعمل.

٣٥ — اشرح باختصار مبدأ طريقة القيعان فى صنع حامض الكبريتيك

٣٦ — اشرح تجربتين تثبت بهما أن حامض الكبريتيك المركز شره للماء ، واذكر فيم يستفاد بهذه الخاصة .

٣٧ — اشرح باختصار مبدأ طريقة التلامس التى يصنع بها حامض الكبريتيك ؟

٣٨ — كيف تستحضر مقداراً من كبريتات الصوديوم الأصلى ؟

٣٩ — ما الذى تفعله للحصول على بلورات من كبريتات النحاس إذا أعطيت ماء وخراطة نحاس وحامض كبريتيك مركزاً؟

٤٠ — إذا أعطيت محلولا صافياً فكيف تثبت بالتجربة إن كان محلولا لملح من أملاح حامض الكبريتوز أو حامض الكبريتيك ؟

٤١ — اشرح فعل الحرارة فى كبريتات الحديدوز واذكر النواتج التى يمكن الحصول عليها منه ومنافع كل منها .

الباب الخامس عشر

الكربون وبعض مركباته

(أولا — الكربون)

أحواله ووجوده :

الكربون أحد العناصر الكثيرة الانتشار فى العالم فهو الجزء الرئيسى فى تكوين الفحم ويوجد فى حالة اتحاد فى تركيب أجسام الكائنات الحية، حيوانية ونباتية . فالخشب الجاف يتركب من ٥٠ ٪ من الكربون ٦ ٪ من الايدروجين ، ٤٤ ٪ من الاوكسيجين والنيتروجين . ويوجد الكربون متحداً بغاز الاوكسجين فى غاز ثانى أوكسيد الكربون الذى يوجد تارة منفرداً كما فى الهواء الجوى والمياه الغازية، وتارة متحداً مكوناً لما يعرف بالكربونات مثل كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنيسيوم . ويوجد الكربون أيضاً متحداً بغاز الايدروجين مكوناً لمركبات تعرف بالايدروجينات المكربنة وهى مركبات كثيرة العدد منها ما هو غازى مثل غاز المستنقعات ومنها ما هو سائل يستخرج من الابار كزيت التربنتينا (زيت النفط) والبترول المعروف (بالجاز) وهى كثيرة الوجود فى أمريكا الشمالية وبعض جهات آسيا

صور الكربون وأشكاله :

يوجد الكربون على صور مختلفة وأشكال متباينة كلها صلبة وتنقسم إلى نوعين :

(١) صور متبلرة كالماس والجرافيت

(٢) صور غير متبلرة كالفحم النباتى والفحم الحيوانى والفحم الحجرى والفحم الكوك وفحم المعوجات والسناج

وقد ظهر من فحص هـذه الصور بالأشعة أنهـا تتكون من بلورات متناهية فى الصغر وقد سميت غير متبلرة لأنه لايمكن رؤية بلوراتها بالعين المجردة. والاسم الحـديث الذى أطلق عليها هو الصور ذات البـلورات المتناهية فى الصغر . (Microcrystalline Forms)

(أولاً) صور الكربون المتبلر :

١ — الماس

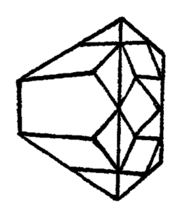
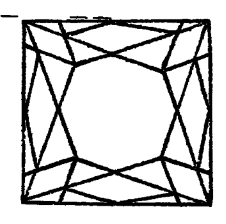
عرف الماس من قديم الزمان واستعمل فى الزينـة لجماله ولأنه نادر الوجود ولعدم تأثره وإن تقادم العهد عليه .

ويوجـد الماس فى جنوب إفريقيـة والبرازيل والهند وأستراليـا فى الطفل والرمل والأحجار الموجودة فى مجارى بعض الأنهار أو فى عروق أرضـية غير متجانسة محتوية على قطع من صخور مختلفة تربطها ببعضها طينة زرقاء اللون يوجد الماس مدفوناً فيها. فاذا تعرضت هذه الطينة للهواء تهشمت وظهر ما فيها من الماس .

والماس الغفل يكون عادة مغطى بطبقة تحجب لمعانه وشكله البلورى ويكون إذ ذاك أشبه شىء بالصمغ العربى .

وبلوراته تكون فى أغلب الأحوال مكعبة الشكل . ولا يستعمل الماس الغفل فى المجوهرات إلا بعد صقله وتشكيله. ولهذا الغرض يحك على أقراص من الفولاذ مغطاة بمسحوق الماس المندى بالزيت فتزول قشرته السطحية المعتمة ويشكل بعد ذلك بأشكال بلورية مختلفة تختلف اختـلافا بيناً عن البـلورات الطبيعية للماس . وأهم الاشـكال التى تعطى للماس هى الشكل (البرلنتى) (Brilliant) وهو عبـارة عن هرم كثير السطوح له قاعـدة مسطحة كبيرة (شكل ١٠٨) وقد وجد أن هذا الشكل يساعد كثيراً على انعكاس أشعة الضوء وانكسارها داخل الماس، فاذا سقطت الأشعة الضوئية على قاعدة الهرم فانها تنعكس على السطوح الداخلية للأوجه ثم تنكسر فى

اتجاهات مختلفة وتخرج على شكل وميض متلالىء يكسب الماس بريقه ولمعانه المعروف . والماس أنقى صور الكربون فلا يحتوى فى الغالب على

(شكل ١٠٨)

أكثر من ١ . / . أو ٢٦ . / . من الشوائب . وفى هذه الحالة يكون صافياً عديم اللون وقد يتلون باللون الأزرق أو الأخضر أو الأصفر أو الأسود، حسبما يكون مختلطاً به من المواد الغريبة

صفات الماس وخواصه

الماس أكثف أنواع الكربون إذ تبلغ كثافته ٣ر٥ جم لكل (١) سم٣ وهو أشد الأجسام صلابة؛ يستطيع حرفه أن يخدش سطوح المواد الأخرى ولهذا يستخدم فى قطع ألواح الزجاج ويعمل منه مثاقب لثقب الصخور. أما هو فلا يتأثر إلا بكربيد البور الذى يقرب منه فى الصلابة. وللماس قدرة كبيرة على كسر أشعة الضوء ؛ وهذا هو السبب فى بريقه ولمعانه خصوصاً متى تشكل بالشكل البرلنتى المذكور سابقاً. ويسمح الماس لأشعة رونتجن أن تنفذ منه فهو شف لها وهذا بعكس الزجاج الذى يستعمل فى تقليده . وتستخدم هذه الحقيقة فى التمييز بين الاثنين .

ولا يتأثر الماس بالحرارة إلا قليلا إذا وضعت قطعة منه بمعزل عن الهواء فى قوس كهربائى فانه يتحول إلى جرافيت عند درجة (٣٠٠٠° م) وإذا سخنت بعض أنواع الماس الأسود فانها تحترق عند درجة (٩٠٠°م) ويصعب حرق الماس إلا إذا حفضت درجة حرارته عند الحد المطلوب ولهذا الغرض يوضع الماس فى صفيحة رقيقة من البلاتين متصلة بسلكين

يمكن أن يمر فيهما تيار كهربائى يسخن البلاتين لدرجة الاحمرار فيحترق الماس . وقد وجد أن ناتج احتراقه هو غاز ثانى أوكسيد الكربون وقليل جداً من الرماد الذى يتخلف من المواد الغريبة التى تكون مختلطة به . وفى هذا دليل على أن مادة الماس ليست إلا كربوناً

والماس عديم الذوبان فى جميع السوائل ، فلا يتأثر حتى بأقوى الحوامض ولكنه إذا سخن لدرجة (٢٠٠° م) مع حامض الكبريتيك وثانى كرومات البوتاسيوم فانه يتأكسد ويتحول إلى ثانى أوكسيد الكربون .

منافع الماس

يستعمل الماس حجراً كريماً فى المجوهرات. ويباع بالقيراط (وهو ⅕ الجرام) . ويختلف ثمنه باختلاف شكله وصفاء لونه. وأغلى الأشكال هو البرلنتى العديم اللون — ولما كان الماس أصلب المواد فانه يستعمل لصقل غيره وفى ثقب الصخور وقطع الزجاج. ويستعمل لهذا الغرض نوعه الأسود لرخص ثمنه وعدم استعماله فى المجوهرات . وتطعم أطراف المناحت (الأزاميل) بهذا النوع الأسود أيضاً فيصهر الفولاذ وتوضع القطعة فيه وهو يتوهج . فمتى برد وانكمش ثبتت فيه قطعة الماس دون أن تتأثر بالحرارة

صناعة الماس

لما وثق العلماء من أن الماس ليس إلا كربوناً متبلراً كثرت جهودهم للحصول عليه بطرق صناعية فصادفهم كثير من العقبات إلا أن «مواسان» (Moissan) كان أول من تغلب عليها فحصل على بلورات تشبه الماس فى كثير من الوجوه ، وهذا ملخص الطريقة التى اتبعها

من المعلوم أن الكربون إذا أذيب فى الحديد المنصهر ثم برد المزيج السائل فان الكربون ينفصل منه بشكل الجرافيت . وقد استعان

« مواسان » بهذه الحقيقة إلا أنه عدلها فى الطريقة التى اتبعها وذلك بأن وضع مزيجاً من الحديد والكربون فى بوتقة من الكربون وسخنه لدرجة (٣٠٠٠° م) فى فرن كهربائى فانصهر الحديد وأذاب الكربون فأخرج البوتقة وغمرها فى ماء بارد وتركها لتبرد فتكونت على السطح قشرة جامدة وعند ما ابتدأ السائل تحتها يجمد تمدد (لأن محلول الكربون فى الحديد المنصهر يزداد حجمه إذا تجمد) فأحدث ضغطاً شديداً جعل بعض الكربون يتبلور . وبعد ذلك فصل « مواسان » الحديد باذابته فى حامض وفحص بالمجهر (الميكروسكوب) البلورات التى حصل عليها فوجد أغلبها من الجرافيت المتبلر يتخلله بلورات دقيقة لهـا ما للماس من الصفات والخواص بعضها من الماس الأسود والبعض من الشف العديم اللون ، إلا أنها كانت صغيرة جداً لا يزيد طول قطر الواحدة منها عن $\frac{1}{2}$ المليمتر

الجرافيت (Graphite)

يوجد هذا النوع المتبلر بكثرة فى كاليفورنيا وجزيرة سيلان بشكل كتل أو صفائح رقيقة ذات لون سنجابى وملمس دهنى ناعم . وهو يوجد أيضاً فى الحديد الزهر ، ولهذا كان الأقدمون يعتقدون أن الجرافيت مركب كيميائى من الحديد والكربون لما كان يتكون منه فى أفران استخلاص الحديد

تمرين ١ :

صب قليلا حامض الأيدروكلوريك المخفف على قطعة من الحديد الزهر فى كأس ، وبعد ما يقف التفاعل بينهما رشح محتويات الكأس ، واجمع مايتخلف على ورقة الترشيح ، واغسله بالماء — تحصل على قدر من الجرافيت

الجرافيت كربون لين أشهب اللون ذو لمعان فلزى . وكثافته أقل من كثافة الماس إذ يبلغ وزنه النوعى ٢ر٢ . وهو يترك اثراً رصاصياً على الورق ، وكذلك يبقع الأصابع ، ولذا يستخدم فى صناعة أقلام الرصاص .

وهو جيد التوصيل للكهربية ، فيستخدم فى عمليات الطلاء والترسيب بالكهربية . والجرافيت شديد المقاومة للحرارة فلا ينصهر بها مهما اشتدت ، ولذا تصنع من معجونه مع الطَّفل بواتق يستخدمها الصياغ فى صهر الذهب وغيره من الفلزات . وهو ناعم دهنى الملمس ، فيضاف إلى الشحم ويستعمل مخلوطهما لتلطيف احتكاك العجلات على محاورها وأجزاء الآلات بعضها على بعض . وهو لا يتأثر بالهواء ، ولهذه الخاصة تطلى به أحياناً الأدوات الحديدية ليقيها من فعل الهواء فلا تصدأ . وإذا سخن الجرافيت بشدة فى الأوكسيجين فانه يحترق مكوناً لغاز ثانى أوكسيد الكربون ، ويتخلف عنه رماد قليل من المواد المعدنية التى تكون مختلطة به.

وقد أمكن صنع الجرافيت من فحم الكوك أو فحم النبات بتسخينه مع الرمل فى أفران كهربية (شكل ١٠٩) ويكون الجرافيت الحادث بهذه العملية متجانس التكوين وأنقى من الجرافيت الطبيعى

(شكل ١٠٩)

صور الكربون غير المتبلرة أو ذات البلورات المتناهية فى الصغر

يمكن الحصول على الكربون غير المتبلر بدرجات مختلفة من النقاء وذلك بتسخين مواد يدخل الكربون فى تكوينها . ويوجد الكربون غير المتبلر فى أنواع الفحم على اختلافها ، وأهمها فحم النبات والفحم الحيوانى وفحم الحجر والسناج وفحم الكوك وفحم المعوجات .

وأنقى أنواع الكربون غير المتبلر هو الذى يمكن الحصول عليه واستخلاصه من السكر بتأثير حامض الكبريتيك المركز .

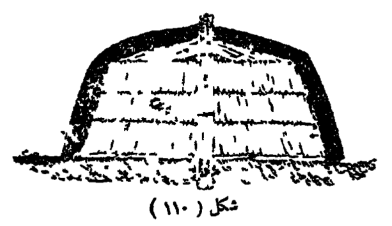
تمريب ٢ :

ضع قليلا من محلول مركز للسكر فى كأس ، وصب عليه بعض حامض

كبريتيك مركز ساخن تلاحظ أن السكر ينتفخ ويتحول إلى مادة اسفنجية سوداء هي كربون نقي قد تخلف بعد انتزاع الحامض لعنصري الايدروجين والأوكسيجين من السكر .

الفحم النباتي

ويسمى أيضاً فحم الخشب ويستخرج بتفحيم النباتات بمعزل عن الهواء . وطريقة ذلك أن تصف فروع الأشجار وسيقانها (بعد تقطيعها وجفافها) طبقات بعضها فوق بعض بحيث يتكون من مجموعها كومة مخروطية الشكل ، ويكون الخشب المصفوف في وسطها موضوعاً وضعاً رأسياً بحيث يتكون منه شبه مدخنة تصل من قاع المخروط إلى قمته . ثم يغطى سطح الكومة بالحشائش والطين (شكل ١١٠) ويلقى في المدخنة بعض قطع من الفحم المتقد تلتهب بها قطع الخشب التي في الوسط والحرارة الناشئة من احتراقها تحلل دقي حشب الكومة فيتصاعد ما به من مواد متطايرة كبخار الماء وبعض الأبخرة والغازات ولا يبقى من الخشب إلا الفحم . وتمثل عملية انحلال الخشب بالتدريب الآتي :

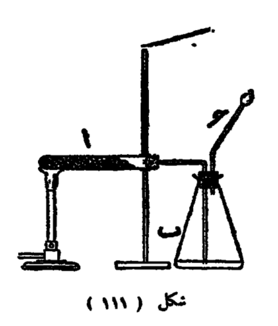


شكل (١١٠)

تدريب ٣ :

ضع قطع من الخشب في انبوبة اختبار (ا) سميكة الجدران متصلة بقارورة (ب) كما ترى في (شكل ١١١) ، ثم سخن الخشب وتجمع في (ب) أي سائل يتكاثف . ولاحظ تصاعد غازات يمكن لهبها عند طرف الأنبوبة القصيرة (حـ) ، ويتخلف في (ا) بعض قطع من الفحم الباقي .

لاحظ أيضاً أن السائل المجتمع في (ب) طبقتان : إحداهما تغير لون عباد



شكل (١١١)

الشمس إلى أحمر ، وتتكون الأخرى من سائل كثيف ذى رائحة خاصة يعرف باسم القطران .

من هذا التدريب يرى أن نتائج تقطير الخشب (أى تسخينه بمعزل عن الهواء) هى :

أولا — غازات بعضها قابل للاشتعال ، وأهمها غاز الايدروجين وغاز أول اوكسيد الكربون .

ثانياً — سائل خفيف فيه رائحة الكحول والخل ، وله تأثير حمضى فى عباد الشمس .

ثالثا - سائل ثقيل هو القطران ذو الرائحة الغريبة ، وهذا يستخدم فى حفظ الأخشاب المطمورة فى الأرض من التلف .

رابعاً — مادة سوداء هى ما يعرف بفحم الخشب .

وقد ابتكرت الآن طرق حديثة لصنع فحم الخشب والانتفاع بما يتصاعد منه عند ما يتفحم من غازات وأبخرة كانت تهمل فى الطرق القديمة ولا يعنى بها مع ما لها من فوائد جمة .

وفحم الخشب أكبر كثافة من الماء ؛ إذ يبلغ وزنه النوعى ١٫٥ تقريبا إلا أنه إذا ألقيت قطعة منه فوق الماء فانها تطفو ، لا لخفتها بل لوجود هواء فى مسامها .

تدريب ٤

اربط قطعة من الرصاص مع قطعة من فحم الخشب ، وأسقطهما معاً فى كأس به ماء ، ثم اغل الماء ، تشاهد تصاعد فقاقيع الهواء من مسام فحم الخشب . وعندما ينتهى تصاعد هذه الفقاقيع افصل الفحم عن

الرصاص ، تشاهد أن قطعة الفحم تبقى فى قاع الكأس ولا تطفو

ومن خواص الفحم النباتى قدرته على امتصاص الغازات ، خصوصاً بعد تسخينه إلى درجة حرارة عاليه ثم تبريده لأن التسخين يطرد الغازات التى سبق أن امتصها وبعض المواد العضوية التى تكون عالقة به

تدريب ٥ *

املأ أنبوبة زجاجية بغاز النشادر ونكسها فوق زئبق فى حوض (شكل ١١٢) . ثم أدخل فيها قطعة من فحم نباتى ساخن ، تشاهد ارتفاع الزئبق فى الأنبوبة ، وذلك لامتصاص الفحم لغاز النشادر وحلول الزئبق محل الغاز

شكل (١١٢)

وقد انتفع بهذه الخاصة فى أحوال كثيرة ، فبالفحم تنقى أجواء الآبار من بعض الغازات التى لاتصلح للتنفس كما أنه يستعمل لازالة الروائح العفنة التى تتصاعد من السوائل والمواد العضوية الرخوة ، فيحاط السمك بمسحوق الفحم عند إرساله من بلدة إلى أخرى فيمتنع تعفنه . وكذلك يرشح ماء البرك من خلال طبقات من الفحم فيفقد ما فيه من رائحة ويوصى الأطباء الآن باستعمال مسحوق الفحم فى إزالة الغازات من الأمعاء وفى إيقاف تسوس الأسنان . وقد استخدم الفحم فى الحرب العدمى مضاداً لفعل الغازات الخانقة

والفحم النباتى يحترق بسهولة فى الهواء منتجاً غاز ثانى أوكسيد الكربون ويتخلف منه رماد معدنى كباقى أنواع الكربون غير النقى

فحم الحيوان (Animal Charcoal)

يجهز هذا الفحم من عظام الحيوانات ، وتجرى عملية التفحيم فى معوجات من الحديد الزهر تسخن فى أفران خاصة لدرجة الاحمرار . وتنتج من هذه العملية غازات وأبخرة يحصل منها على مقدار كبير من

شحم العظام وغاز النشادر ، أما الفحم الحادث منها فيسحق أو يجعل على شكل حبوب

والفحم الحيوانى نوع غير نقى لايحوى من الكربون إلا نحو ١٠ ٪ من وزنه والباقى مواد معدنية توجد فى تكوين العظام (وأهمها فوسفات الكالسيوم) . وقد يحوى الفحم قليلا من النيتروجين فى مسامه إذا لم يكن تقطيره تاما

تدريب ٦

سخن بعض فحم الحيوان فى ملعقة احتراق ، يتخلف منه بعد الاحتراق رماد أبيض هو فى الغالب فوسفات كالسيوم

ولهذا النوع من الفحم قدرة على امتصاص الألوان الموجودة فى السوائل النباتية أو الحيوانية . فعصارات النباتات ومطبوخ المواد المستعملة فى الأصباغ وأنواع النبيذ الأحمر إذا رجت مع مسحوق هذا الفحم مدة أو إذا رشحت خلال طبقة منه فانها تفقد ألوانها وتصير صافية عديمة اللون . وليلاحظ أن الفحم النباتى أيضاً له مثل هذه الخاصة إلا أنها بدرجة أقل مما للفحم الحيوانى ، ولهذه الخاصة يستعمل فحم الحيوان فى تكرير السكر والمشروبات الملونة

تدريب ٧

سخن محلولا من النيلة مع فحم حيوانى فى قارورة ثم رشح السائل يهبط الرشيح من القمع صافياً لا لون له . وللتحقق من أن زوال اللون راجع لفعل الفحم وليس لورقة الترشيح أثر فيه ، رشح قليلا من المحلول دون أن ترجه أو تسخنه مع الفحم فلا يزول لونه

السناج (Lamp Black)

*تدريب ٨**

أشعل قليلا من عطر التربنتينا فى جفنة من الخزف ولاحظ ما يتحلل

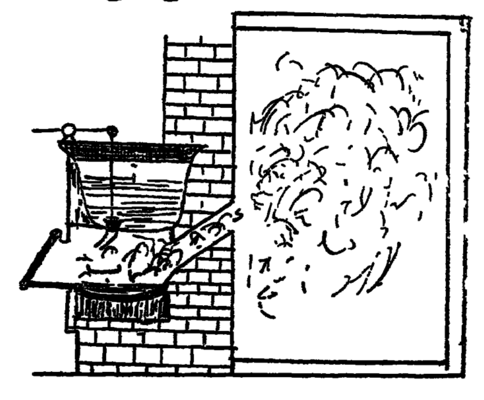
اللهب من دخان أسود . نكس فوق الجفنة قمعا من الزجاج (شكل ١١٣) تشاهد تكاثف مسحوق أسود على جدار القمع

السناج (ويعرف أيضاً بالعثان أو الهباب) هو من أنقى أنواع الكربون غير المتبلر ويمكن الحصول عليه بتعريض جسم بارد إلى اللهب الناشئ من احتراق غير تام لمواد عضوية محتوية على كثير من الكربون ، مثل الزيوت والقطران وعطر التربنتينا

ويستحضر السناج فى التجارة باحراق زيت غنى بالكربون إحراقا غير تام فى أفران مخصوصة مبين أحدها (بشكل ١١٤)

شكل (١١٣)

ويستخدم السناج غير النقى فى أعمال النقاشين أما النقى منه فيستخدم فى صناعة مداد المطابع باضافته إلى الورنيش وبعض المواد المجففة . وكذلك يضاف إلى الصمغ ويصنع منه مداد أسود



شكل (١١٤)

يعرف بالمداد الصينى. ويصنع من السناج أيضاً طلاء الأحذية السوداء وبعض أقلام الرسم

الفحم الحجرى :

هو نوع من الفحم يوجد على هيئة طبقات سميكة تبعد عن سطح الأرض بمسافات مختلفة . والمعتقد أنه تكون من انحلال المواد النباتية فى باطن الأرض بمعزل عن الهواء فتطايرت منها المواد القابلة للتطاير ، وبقى الفحم على شكل كتل سوداء لامعة تصلبت من ضغط الطبقات الأرضية فوقها . ويوجد الفحم الحجرى فى انجلترا وفرنسا وبلجيكا وأمريكا وألمانيا واليابان ، وتارة يكون مساميا خفيفا وأخرى صلبا أسود مندمجاً . وتعرف من الفحم الحجرى أنواع كثيرة تختلف نسبة الكربون فيها من ٥٠ إلى ٧٥ ٪ وقد تصل إلى ٩٢ ٪ كما فى فحم الانتراسيت . وهو أثقل من الماء تختلف كثافته من ١ر٢ إلى ١ر٦ جم / سم^{٣} . وليس فحم الحجر كربوناً نقياً بل هو مركب يحتوى على قليل من الايدروجين والأوكسيجين ويسير من النيتروجين وبعض المواد المعدنية التى تبقى فى الرماد الذى يتخلف بعد إحراق الفحم

وفحم الحجر كثير الاستعمال ، فهو الوقود المهم فى كثير من المصانع التى يحتاج فيها إلى حرارة شديدة ، كما يستخدم وقوداً فى أفران الآلات البخارية وفى صهر الحديد واستخلاص نوع جيد من فحم الكوك

ويخلط ناعم الفحم الحجرى الآن بالقطران ويضغط لتصنع منه قوالب تستخدم وقوداً فى مصانع كثيرة . ويحصل منه على حاصلات كثيرة هامة مثل غاز الاضاءة والبنزين والنشادر والنفتالين والفنيك وغيرها ، كما أنه يستخدم فى اختزال المركبات الفلزية للحصول على فلزاتها الخالصة

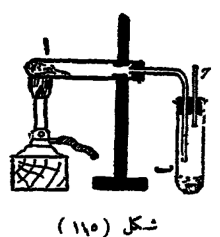
والفحم إذا سخن لدرجة الاحمرار فى معزل عن الهواء تتصاعد منه العناصر الغازية، إما منفردة أو متحدة . وتتخلف المواد المعدنية فيما يعرف باسم فحم الكوك

فعل الحرارة فى الفحم الحجرى

تدريب ٩ :

ا — سخن قطعة من الفحم الحجرى فى لهب موقد ، تر الفحم يلين حين يسخن ، ثم ينبعث منه غاز قابل للالتهاب ، ثم تتقد قطعة الفحم بسهولة .

ب — املأ مخباراً بغاز الأوكسيجين ، وأدل فيه قطعة من فحم الحجر بعد إيقاد نقطة منها ، وعند ما يتم احتراق الفحم أخرج الملعقة وافحص المخبار تشاهد وجود قطرات من الماء عالقة على جدرانه وعلى قاعه . صب فى المخبار قليلا من ماء الجير الصافى ، ورجه فيه ، تلاحظ أن ماء الجير يبيض ويتعكر دلالة على تكون غاز ثانى أوكسيد الكربون عند احتراق الفحم



شكل (١١٥)

ح — أقم الجهاز الذى ترى رسمه فى (شكل ١١٥) وفيه (ا) أنبوبة اختبار سميكة من زجاج صلب متين مملوءة لمنتصفها بمسحوق فحم حجرى جاف . والأنبوبة (ب) أنبوبة اختبار واسعة لها سداد بثقبين تنفذ فى أحدهما أنبوبة على شكل قائمة تصل ا ، ب معاً ، وتنفذ من الثقب الثانى أنبوبة من الزجاج الرفيع (ح) مسحوب طرفها .

تحقق من أن السدادين محكمان ، واغمر (ب) فى كأس ماء بارد ثم سخن (ا) بعناية وحذر تلاحظ خروج أبخرة سمراء يتكاثف معظمها فى (ب) ويتحول إلى سائل ينفصل طبقتين. اكشف عن الغاز الذى يخرج من (ح) بواسطة ورقة منداة بخلات الرصاص تجد الورقة تسود دلالة على وجود مركبات كبريتية فى الغاز

خذ قطرة ماء جير صاف على طرف ساق من زجاج وقربها للغاز

الخارج من (ح) تجد أن القطرة يبيض لونها وتتعكر دلالة على وجود غاز ثانى أوكسيد الكربون ضمن ما يخرج من (ج) . بعد أن تتحقق من خروج كل الهواء من الجهاز قرب لهب عود كبريت إلى طرف (ج) ، يلتهب الغاز المنبعث منها بلهب مضىء ، وهذا الغاز هو الذى يعرف باسم غاز الفحم ومنه يستحضر غاز الاضاءة

عند ما يخمد لهب الغاز افصل أجزاء الجهاز بعضها عن بعض واكشف عن السائل المكون للطبقة العايا فى (ب) بوساطة ورقة عباد شمس حمراء ، تجد الورقة تزرق ، وذلك لوجود النشادر ، فهذه الطبقة ليست إلا محلولا لهذا الغاز ، وتعرف باسم السائل النشادرى ، أما الطبقة الثقيلة المتجمعة فى قاع الأنبوبة فهى قطران

أخرج ما تخلف فى الأنبوبة (ا) والحصه تر مادة صلبة سوداء خشنة الملمس سهلة الكسر وهذه هى فحم الكوك

إذا احترق الفحم الحجرى فى الهواء تكون أثناء احتراقه غاز ثانى أوكسيد الكربون وماء ، وذلك نتيجة تأكسد ما يوجد به من كربون وايدروجين . أما إذا سخن بمعزل عن الهواء ، فانه يتصاعد منه كثير من مواد قابلة للتطاير ذات أهمية عظمى فى التجارة والصناعة ، وهى تجهز من الفحم بعملية ذكرت باختصار فى التدريب السابق ، وتسمى عملية التقطير المتلف للفحم . وأهم المواد الناتجة من هذا التقطير هى السائل النشادرى والقطران وغز الاضاءة وفحم المعوجات وفحم الكوك

أولا : السائل النشادرى

هو ماء مذاب فيه غاز النشادر ، ومنه تستحضر أغلب مركبات النشادر .

ثانيا : القطران

هو سائل أسود غليظ القوام يطلى به الخشب أحياناً ليقيه من الفساد وهو مجموعة من مواد عضوية كثيرة . وإذا قطر تدريجياً استخلصت منه

زيوت طيارة بعضها أخف من الماء وتسمى زيوتاً خفيفة ، والبعض أثقل من الماء وتعرف باسم الزيوت الثقيلة . ومن الأولى تستخرج عدة مواد نافعة مثل البنزين والتولوين والنفط ، أما الزيوت الثقيلة فأهم ما تحويه مادتا النفتالين وحامض الكربوليك . وإذا سخن ما يبقى من القطران بعد ذلك تنفصل زيوت غليظة جدا أهمها زيت الانتراسين ، وتتخلف بعد ذلك مادة تسمى القار .

(ا) البنزين : هو سائل يستخرج من الزيوت الخفيفة الحادثة من تقطير القطران فى درجة لا تتعدى ٨٠° م . وهو سائل خفيف صاف عديم اللون سريع الالتهاب ذو رائحة شديدة لا يذوب فى الماء ولكن يذوب فى الأيتير ، وتبلغ كثافته ٠ر٨٥ جم/سم٣ ويغلى عند ٨٠° م . وهو يذيب الكبريت والفوسفور والمطاط والمواد الدسمة . ويستعمل البنزين فى صنع النيتروبنزين وأصباغ الانيلين وفى تنظيف الملابس مما يعلق بها من زيوت ودهون .

(ب) حامض الكربوليك : يعرف باسم الفينول أو حامض الفنيك ، ويكون على هيئة إبر طويلة عديمة اللون تنصهر فى ٣٥° م وتذوب بشح فى الماء وبسرعة فى الكحول أو الأيتير . وللحامض الكربوليك طعم كاو ورائحة كرائحة القطران . وهو من السموم القاتلة إلا أنه يستعمل فى الطب مطهراً ومزيلا للعفونة .

(حـ) — النفتالين : مادة بيضاء صلبة ذات رائحة خاصة ، عديمة الذوبان فى الماء سريعة الذوبان فى الكحول والأيتير والبنزين . وهو ينصهر عند ٨٠° م ويغلى مصهوره فى ٢١٨° م ؛ وإذا سخن يتسامى دون أن ينحل . ويباع النفتالين على شكل مسحوق أو كرات تستعمل كثيراً فى منع سوسة العثّـه التى تلحس الملابس الصوفية والفراء وشعر الفراجين .

(د) القـار : هو ما يتخلف بعد تقطير القطران ، ويستخدم كمادة عازلة فى الصناعات الكهربائية وكذلك فى صنعة الورنيش الأسود .

ويمزج بمسحوق الفحم ويكبس فى قوالب تستخدم وقوداً ، وكذلك يستخدم فى حفظ المعادن والأخشاب ، ويرش على أرض الشوارع بعد رصفها .

ثالثاً : غاز الفحم وغاز الاضاءة

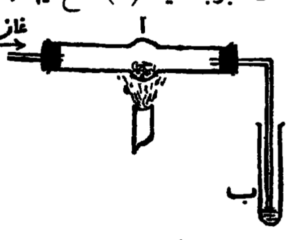
غاز الفحم هو مجموعة من غازات بعضها قابل للاشتعال ، مثل الايدروجين وأول أوكسيد الكربون والميثان وكبريتيد الايدروجين ، وبعضها غير قابل للاحتراق مثل النيتروجين والأوكسيجين وثانى أوكسيد الكربون . ويتكون غاز الاضاءة ، المعروف بغاز الاستصباح ، من هذه الغازات بعد تخليصها من ثانى أوكسيد الكربون وكبريتيد الايدروجين .

وغاز الاضاءة غاز شف ذو رائحة خاصة معروفة ، وهو أخف من الهواء ، سريع الالتهاب ويحدث عند احتراقه ماء وغاز ثانى أوكسيد كربون . ولا يصلح الغاز للتنفس إذ يحوى غاز أول أوكسيد الكربون السام .

وغاز الاضاءة عامل اختزال قوى يستطيع بسهولة أن ينتزع الأوكسيجين من أكاسيد الفلزات فيحولها إلى فلزات صافية .

تدريب ١٠ *

أمرر تياراً من غاز الاضاءة فى أنبوبة متينة (ا) تضع فيها بعض أوكسيد نحاس أسود (شكل ١١٦) ، ثم سخن الأوكسيد بشدة تلاحظ تغيراً فى لونه ، إذ يتحول إلى نحاس أحمر ، أما الغاز الخارج من الأنبوبة فانه يكون ثانى أوكسيد الكربون الذى يميز بتعكيره لماء الجير إذا أمر فيه فى أنبوبة اختبار (ب)



شكل (١١٦)

رابعاً : فحم المعوجات :

هو كربون يكاد يكون نقياً ويتكون على جدر المعوجات التي يقطر فيها فحم الحجر ، ويكون بشكل راسب أسود كثيف ، وينشأ من انحلال بعض الايدروجينات المكربنة أثناء تقطير الفحم . وهو صلب جدا ووزنه النوعي ٢ر٤ ، وهو جيد التوصيل للكهربية ، ولذا يستخدم في عمل سيقان الكربون في الأعمدة الكهربية ومصابيح القوس والأفران الكهربية . وهو لا يحترق بسهولة وعندما يحترق تتولد عنه حرارة عظيمة ولا يتخلف منه إلا رماد قليل .

خامساً : فحم الكوك

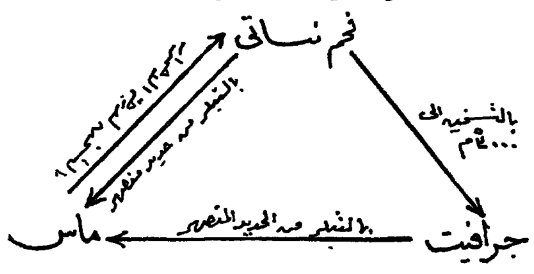
هو الفحم الذى يتخلف من تقطير الفحم الحجرى ، وتستحضر منه بعض المقادير في مصانع غاز الاضاءة إلا أن معظم ما في العالم منه يحضر في مصانع خاصة تسمى مصانع فحم الكوك . وهو مادة سوداء مسامية تحتوى على ٨٠ ./. من وزنها من الكربون والباقي من مواد معدنيـة غير قابلة للتطاير . وهو يحترق بصعوبة ولا يصحب احتراقه لهب وذلك لخلوه من المواد المتطايرة . وتتولد عند احتراقه حرارة شديدة ويتكون منـه غاز ثاني أوكسيد الكربون . وهو أكثر أنواع الوقود استعمالا في المنـازل والمصانع الصغيرة ؛ كما أنه أشـدها حرارة وهو يستعمل أيضاً كعامل احتزال عند استحلاص بعض الفلزات من أكاسيدها .

صور الكربون مادة واحدة

بالرغم من احتلاف صور الكربون في مظاهرها وأوصافها الطبيعية فانها كلها ترجع إلى اصل واحد هو الذى نسميه عنصر الكربون ؛ وليس أدل على ذلك مما يأتى :

أولا : إمكان تحويل أى صورة منها إلى الأخرى دون تغيير في الوزن . وقد أمكن تحويل الفحم الحجرى والجرافيت والماس بعضها إلى

بعض كما هو ظاهر من الشكل الآتى (شكل ١١٧) : —



شكل (١١٧)

ثانياً : إذا أحرقت أى صورة نقية بشدة فى الأوكسيجين فانها تختفى تماماً ولا يتخلف عنها أى رماد ، ويكون ثانى أوكسيد الكربون هو الغاز الوحيد الذى يحدث فى كل حالة .

ثالثاً : إذا أحرقت أوزان متساوية من هذه الصور النقية فى تيار من الأوكسيجين كانت مقادير ثانى أوكسيد الكربون الحادث من كل منها متساوية فى الوزن ، وقد وجد بالتجارب الدقيقة أن كل ثلاثة جرامات من أى صورة من صور الكربون النقية يحدث منها ١١ جراماً من ذلك الغاز .

بعض الخواص العامة للكربون

لا يعد الكربون فى الدرجات العادية من العناصر الفعالة سريعة الاتحاد ، أما فى الدرجات العالية ، فهو يتحد بكثير من العناصر منها الأوكسيجين والايدروجين والكبريت والكلور ، مكوناً على الترتيب ثانى أوكسيد الكربون ، وايدروجينات مكربنة وثانى كبريتيد الكربون ورابع كلوريد الكربون . ولسرعة اتحاد الكربون بالأوكسيجين فانه يستخدم فى عمليات الاختزال عند استخلاص الفلزات من أكاسيدها

أسئلة

١ — اذكر أسماء أنواع الكربون واشرح باختصار منافع كل منها

٢ — كيف يجهز فحم الخشب فى التجارة، وكيف تستحضر مقداراً منه فى المعمل ؟ اذكر التغيرات التى تحدث أثناء العمل والحاصلات الثانوية التى تنتج

٣ — كيف تثبت أن السكر يحوى كربوناً ؟

٤ — ما التغيرات الكيميائية التى تحدث عند احتراق فحم النبات ؟ كيف تثبت حدوث هذه التغيرات ؟

٥ — اذكر أسماء بعض المواد التى تحوى الكربون وفائدة كل منها للانسان

٦ — كيف تثبت أن الماس كربون نقى ؟

٧ — كيف تثبت فى المعمل أن فحم النبات يمتص الغازات وأن فحم الحيوان يمتص الألوان ؟ ما الفوائد العملية لذلك ؟

٨ — ماذا يتولد من الخشب عند تسخينه بمعزل عن الهواء، وماذا يتخلف عنه ؟

٩ — ماذا يتولد من الخشب عند إحراقه تماماً وماذا يتخلف عنه ؟

١٠ — اشرح تجربة يمكن إجراؤها فى المعمل لتمثيل غاز الاضاءة

١١ — ما هو فحم الكوك وكيف يجهز للتجارة وفيم يستعمل ؟

١٢ — ما أهم صفات غاز الاضاءة وفى أيها يشبه الايدروجين وما فوائده ؟

١٣ — كيف تثبت عملياً أن غاز الاضاءة يحوى الكربون والايدروجين؟ هل هما ممتزجان فيه أو متحدان ؟

١٤ — اذكر أسماء أهم الحصلات التى تنتج من تقطير فحم الحجر

١٥ — كيف تبين أن صور الكربون ترجع إلى أصل واحد ؟

١٦ — اكتب جدولا توازن فيه بين نتائج تقطير الخشب وتقطير فحم الحجر

١٧ — اذكر المادة الكربونية التى تصلح لصناعة المواد الآتية :
مداد المطابع — أقلام الرصاص — أقطاب الأعمدة الكهربية

١٨ — اذكر أهم أوصاف الجرافيت واستعمالاته الصناعية

١٩ — إذا أعطيت مسحوقاً ناعماً جداً من فحم الحجر وآخر من فحم الخشب وثالثاً من أوكسيد النحاس فكيف تميز الواحد منها عن الآخر ؟

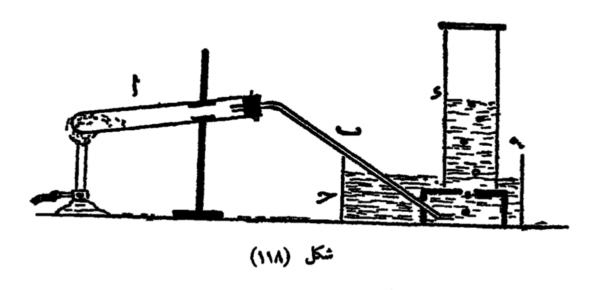
ثانيا — الميثان (أو غاز المستنقعات)

استحضاره

تدريب ١١*

ا — املأ نصف بوتقة بخلات الصوديوم وسخنه حتى ينصهر وينفصل ما فيه من ماء

ب — أفرغ ما بالبوتقة فى هاون وامزجه بأربعة أمثال جرمه من جير الصودا وضع الخليط فى أنبوبة اختبار متينة ا معدة كما ترى فى (شكل ١١٨) ثم سخن الخليط فى ا ينبعث منه غاز يمكن أن تجمعه فوق الماء فى مخابير د

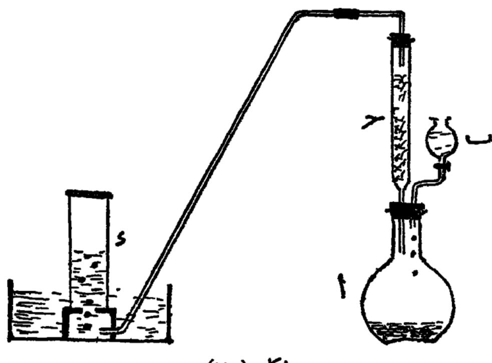


شكل (١١٨)

املأ بضعة مخابير وكلما امتلأ واحد غطه بقرص من الزجاج وأبعده عن الحوض واملأ غيره

تدريب ١٢ *

خذ قارورة من الزجاج ا (شكل ١١٩) وسدها بسداد فيه ثقبان ينفذ من أحدهما قمع تنقيط ب ومن الثانى أنبوبة حـ محشوة بمزدوج الخارصين والنحاس . صل هذه الأنبوبة بأنبوبة توصيل ينغمر طرفها تحت سطح ماء

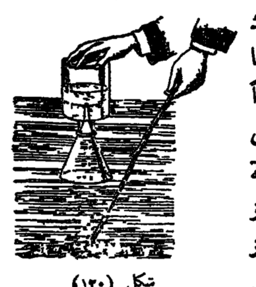


شكل (١١٩)

فى حوض ونكس فوق هذا الطرف مخبارا (د)مملوءا بالماء

ضع فى القارورة بعض مزدوج الخارصين والنحاس (Zinc-copper Couple) واملأ قمع التنقيط لمنتصفة بمزيج حجمين متساويين من يوديد الميثيل والكحول الميثيلى واجعل هذا المزيج يسيل تدريجاً من القمع إلى القارورة ثم أدفىء القارورة واجمع الغاز المتصاعد فى المخبار وعندما يمتلىء اجمع غيره

الميثان هو أبسط الايدروجينات المكربنة فى التركيب وهو (كما يدل عليه اسمه) يوحد فى المستنقعات والبرك وغيرها من الأمكنة التى يحصل فيها تحلل مواد نباتية تحت الماء ، وكثيراً ما تشاهد فقاقيع هذا الغاز مع ثانى أوكسيد الكربون إذا حرك الماء فى بركة راكدة أو مستنقع (شكل ١٢٠) وغاز الميثان هو أحد المكونات الهامة للغاز الذى يخرج من جوف الأرض فى مناطق البترول ، كما أنه يوجد أيضاً فى مناجم الفحم ، فالغاز الذى ينبعث من



شكل (١٢٠)

شـقوق طبقات الفحم يحوى فى بعض الأحيان من ٨٠ إلى ٩٠ ٪ من الميثان الذى يحدث انفجارات شديدة فى المناجم لاختلاطه بالهواء

ويحضر الميثان فى المعمل بتسخين خلات الصوديوم غير المـائى مع جير الصودا (تدريب ١١) فيحدث بين المادتين تفاعل يمكن تمثيله بالمعادلة [ك يد$_{٣}$ ك ا$_{٢}$ ص + ص ا يد = ص$_{٢}$ ك ا$_{٣}$ + ك يد$_{٤}$] ، إلا أن الغاز الذى ينفصل من هذا التفاعل لا يكون نقياً بل يكون مختلطاً ببعض الشوائب مثـل الايدروجين وغاز الأثيلين وغيرهما ، ويمكن تخليصه من هذا الأخير بامرار الخليط فى حامض الـكبريتيك المركز .

ويحضر الميثان نقياً باختزال يوديد الميثيل بالايدروجين المولد حديثاً. ويستعمل لتوليد الأيدروجين مزدوج الخارصين والنحاس الذى يتفاعل مع الماء أو الـكحول الميثيلى فيتصاعد الايدروجين . ومزدوج الخارصين والنحاس هو قطع من مخردق الخارصين قد غطيت بطبقـة من النحاس بغمرها فى محلول من كبريتات النحاس . وهو يستعمل كثيراً كعامل اختزال مع المواد العضوية . ويجرى العمل كما سبق شرحه فى تدريب (١٢) ويتلخص التفاعل الـكيماوى فى أن الأيدروجين المولد حديثاً بفعل مزدوج الخارصين والنحاس مع الـكحول الميثيلى يختزل يوديد الميثيل وفقاً للمعادلة

ك يد$_{٣}$ ى + ٢ يد = يد ى + ك يد$_{٤}$

فيتصاعد غاز الميثان ويمر خلال الأنبوبة المحتوية على مزدوج الخارصين والنحاس فينقى مما قد يكون مختلطاً به من يوديد الميثيل لأن هذا السائل طيـار وقد يتصاعد جزء منه مع الميثان . ولا يكون الميثان الناتج مختلطاً بيوديد الأيدروجين لأن هـذا الأخير يتحد مع الخارصين بوجود المـاء أو الـكحول الميثيلى ويتكون منه مركب غير طيار

بعض أوصاف الميثان وخواصه

تدريب ١٣ * :

(ا) قرب لهب عود كبريت إلى فوهة مخبار من الميثان ، يلتهب الغاز بلهب غير مضىء يشبه لهب الايدروجين . لاحظ تكون قطرات من الماء على جدار المخبار أثناء احتراق الغاز .

(ب) نكس مخباراً مملوءاً بالغاز ، ثم أولج فيه شمعة رفيعة مشتعلة تجدها تخمد فى الحال .

(ﺣ) املأ ثلثى زجاجة سميكة (زجاجة ماء صودا) بغاز الأوكسيجين والثلث بغاز الميثان ، ولف الزجاجة فى خرقة مبللة بالماء ، ثم قرب من فوهتها لهباً ، تحدث عند اتحاد الغازين فرقعة.

(د) رج بعض ماء البروم فى مخبار آخر مملوء بالميثان ، لا يتغير الماء ، ولا تشاهد ما يدل على حدوث تفاعل بينه وبين الغاز.

(ﻫ) أعد (ﺣ) واستعمل الكلور بدل الأوكسيجين تحدث فرقعة أيضاً ، وتمتلىء الزجاجة بغاز حمضى (هوكلوريد الايدروجين) ويرسب على جدارها مسحوق أسود هو كربون .

الميثان غاز عديم اللون والرائحة إذا كان نقياً ، أما المستحضر بالطرق العادية فيكون له رائحة خفيفة وذلك لوجود شوائب فيه . وهو يسهل تحويله إلى سائل بالتبريد إلى درجة الصفر تحت ضغط يعادل ١٤٠ ضغطاً جوياً . وهو يكاد يكون عديم الذوبان فى الماء ، (فالمائة حجم من الماء فى درجة الصفر تذيب نحو خمسة حجوم من الغاز فقط) ولكنه أكثر قابلية للذوبان فى الغول . وهو يحترق بلهب باهت الزرقة مثل لهب الأيدروجين ، وينتج من احتراقه ماء وغاز ثانى أوكسيد الكربون وفقاً للمعادلة الآتية :

$$[\,\text{ك يد}_{٤} + ٢\,\text{ا}_{٢} = \text{ك ا}_{٢} + ٢\,\text{يد}_{٢}\,\text{ا}\,]$$

وإذا خلط بالهواء أو الأوكسيجين تكون منه مخلوط شديد القابلية

للانفجار ، وهذا المخلوط هو فى الغالب سبب حوادث الانفجارات التى تحدث فى مناجم الفحم . وهو لايتأثر ولا يتغير بإمراره فى ماء البروم ، وكذلك لا يتأثر الغاز بمزجه مع الكلور فى الظلام أما إذا عرض مخلوط بنسبة حجم من الميثان إلى حجمين من الكلور إلى ضوء الشمس المباشر ، أو قرب منه لهب فانه يحدث انفجاراً شديداً ويرسب الكربون وفقاً للمعادلة [ك يد$_{٤}$ + ٢ كل$_{٢}$ = ك + ٤ يد كل] ولا يحدث الانفجار فى ضوء الشمس المنتشر ، ولكن الغازين يتحدان ببطء مكونين لمادة تسمى كلوريد الميثيل [ك يد$_{٤}$ + كل = يد كل + ك يد$_{٣}$ كل] ، وكلما ازداد مقدار الكلور حل هذا الغاز تدريجاً محل كل ايدروجين الميثان فى خطوات تمثلها المعادلات الآتية :

١) ك يد$_{٤}$ + كل$_{٢}$ = يد كل + ك يد$_{٣}$ كل (كلوريد الميثل)

٢) ك يد$_{٤}$ + ٢ كل$_{٢}$ = ٢ يد كل + ك يد$_{٢}$ كل$_{٢}$ (ثانى كلوريد الميثل)

٣) ك يد$_{٤}$ + ٣ كل$_{٢}$ = ٣ يد كل + ك يد كل$_{٣}$ (كلوروفورم)

٤) ك يد$_{٤}$ + ٤ كل$_{٢}$ = ٤ يد كل + ك كل$_{٤}$ (رابع كلوريد الكربون)

وتتكون هذه المركبات الأربعة بتعويض ذرة واحدة (أو أكثر) من ذرات الايدروجين بكمية مكافئة لها من الكلور .

والايثان كالميثان يصادف فى الغاز المنبعث من جوف الأرض فى مناطق البترول ، وهو كالميثان يحضر باختزال يوديد الأيثيل بوساطة مزدوج الخارصين والنحاس والماء ، ويمثل الاختزال بالمعادلة :

[ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ ى + ٢ يد = يد ى + ك$_{٢}$ يد$_{٦}$]

وهو غاز عديم اللون والرائحة تسهل إسالته بالتبريد لدرجة ٤°م تحت ضغط يعادل ٤٦ ضغطاً جوياً . وهو يكاد يكون عديم الذوبان فى الماء إلا أنه شحيح الذوبان فى الغول . وهو قابل للالتهاب ويحترق بلهب ضعيف الاضاءة ويمكن فرقعته مع الهواء أو الاوكسيجين ، ويحدث عند

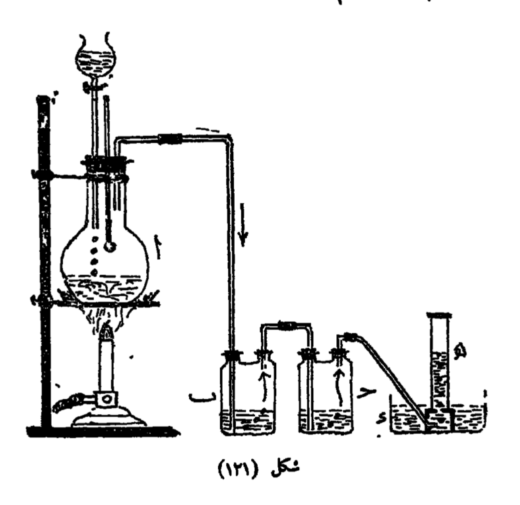
ذلك ماء وثانى أوكسيد كربون [$٢ ك_٢ يد_٦ + ٧ أ_٢ = ٤ ك أ_٢ + ٦ يد_٢ أ$] وهو ثابت لا يتأثر بالبروم ولا بالعوامل المؤكسدة فى درجة الحرارة العادية ولكن إذا مزج بالكلور وعرض لضوء الشمس المنتشر (لا المباشر) أمكن الحصول منه على حاصلات تعويضية مختلفة تنتج من تعويض ذرة أو أكثر من ذرات الايدروجين فيه بما يكافئها من الكلور .

(١) $ك_٢يد_٦ + كل_٢ = يد كل + ك_٢يد_٥ كل$ (كلوريد الايثيل)

(٢) $ك_٢يد_٦ + ٢كل_٢ = ٢يد كل + ك_٢يد_٤كل$ (ثانى كلوريد الايثيل)

ثالثا — غاز الايثيلين

يتكون هذا الغاز أثناء التقطير الاتلافى للفحم الحجرى ولكثير من المواد العضوية ، ويوجد فى غاز الفحم بنسبة ٦ ٪ منه بالحجم ، وخاصة الاضاءة فى لهب غاز الفحم راجعة إلى وجود غاز الايثيلين فيه



شكل (١٢١)

استحضار الايثيلين

تدريب ١٤ *

امزج قدر ٢٠٠ سم٣ من حامض الكبريتيك المركز مع ٥٠ سم٣ من الماء المقطر ، واجعل الخليط فى قارورة (ا) ذات فوهة واسعة سعتها نحو لتر وسدّ القارورة بسداد ذى ثلاثة ثقوب ينفذ فيها قمع تنقيط وترمومتر وأنبوبة توصيل واسعة تتصل بقارورتين ب ، حـ فيهما محلول صودا كاوية (شكل ١٢١)

ضع القارورة (ا) فى حمام رملى ؛ واملأ القمع بغول إيثيلى قوته ٩٥ ٪ ؛ واسمح له أن يهبط إلى القارورة قطرات

سخن الدورق على حمام الرمل إلى نحو ١٦٥°م فينفرد غاز الايثيلين ويمر فى القارورتين ب ، حـ فيخلص من ثانى أوكسيد الكربون وثانى أوكسيد الكبريت ويمكن جمعه بعد ذلك فوق الماء . إلا أنه يحسن عدم استعمال المخبارين الأولين من الغاز إذ يكون فيهما خليط سريع الانفجار من الايثيلين والهواء الذى كان مالئاً للجهاز

ملاحظة :

إذا لم يكن الغول المستعمل من نوع جيد فالغالب أن يتكون مقدار كبير من مواد متفحمة كربونية ؛ ولذلك يفضل أحياناً استعمال حامض فوسفوريك شرابى مركز (درجة غليانه ٢٠٠°م) . فيوضع هذا الحامض فى القارورة ويسح عليه الغول من القمع وتسخن القارورة إلى نحو ٢٢٠°م . والغاز الحادث فى هذه الحالة يكون نقياً خالياً من ثانى أوكسيد الكبريت وثانى أوكسيد الكربون فيمكن الاستغناء عن قارورتى الصودا

يفسر التفاعل فى هذه التجربة بأن الغول يؤثر فى حامض الكبريتيك كما تؤثر البوتاسا الكاوية فيه ؛ أى أنه يكوّن مع الحمض ملحاً وماء

١) بوتاسا كاوية + حامض كبريتيك = كبريتات بوتاسيوم ايدروجينى + ماء

بو ايد + يد٢ كب ا٤ = بو يد كب ا٤ + يد٢ ا

٢) غول ايثيلي + حامض كبريتيك = كبريتات ايثيل ايدروجيني + ماء
ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ ايد + يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ يد كب ا$_{٤}$ + يد$_{٢}$ ا

ومتى تكون كبريتات الايثيل الايدروجيني ، فان الحرارة تحلله إلى غاز ايثيلين وحامض كبريتيك وفقاً للمعادلة .

[ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ يد كب ا$_{٤}$ = يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ك$_{٢}$ يد$_{٤}$]

[تسمى المجموعة الذرية ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ مجموعة الايثيل ، وهى أحادية التكافؤ تقوم مقام ذرة واحدة من الايدروجين أومن فلز أحادى التكافؤ] .

بعض خواص الأيثيلين وأوصافه

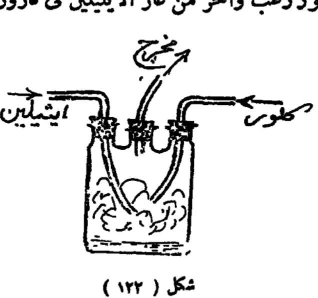
تدريب ١٥ * :

ا — قرب لهب عود كبريت إلى فوهة مخبار مملوء بالايثيلين ، يلتهب الغاز بلهب مضيء ويسهل عليك أن تتحقق من تكون الماء وثانى أوكسيد الكربون فى المخبار .

ب — حقق أن الغاز لا يساعد على استمرار اشتعال شمعة .

حـ — صب بعض ماء البروم فى مخبار من الايثيلين ورجه فيه ، تشاهد أن لون ماء البروم يزول ويتكون فى المخبار سائل زيتى القوام .

د — أمرر تياراً من كلور رطب وآخر من غاز الايثيلين فى قارورة واسعة من الزجاج (شكل ١٢٢) تلاحظ زوال لون الكلور بسرعة وتكون سائل زيتى القوام يتكاثف فى القارورة ويسمى ثانى كلوريد الايثيلين أو السائل الهولندى إذ استكشفه علماء هولنديون عام ١٧٩٥ .



شكل (١٢٢)

الايثيلين غاز شف عديم اللون إلا أن له رائحة ايثيرية خاصة مقبولة. وتسهل إسالتـــه إذا برد إلى ١٠° م وهو تحت ضغط يعــادل ٦٠ جواً. وهو شحيح الدوبان فى الماء ولـكنه أسرع ذوباناً فى الغول . ويحترق الايثيلين بلهب مضىء ، ويكون مع الهواء أو الأوكسيجين مخلوطاً قابلا للانفجار . وفى جميع هذه الأحوال يتكون الماء وثانى أوكسيد الـكربون [$ك_٢ يد_٤ + ٣ ا_٢ = ٢ ك ا_٢ + ٢ يد_٢ ا$] . ويتحد الايثيلين بالـكلور مبــاشرة مكوناً لسائل له قوام الزيت يسمى ثانى كلوريد الايثيلين [$ك_٢ يد_٤ + كل_٢ = ك_٢ يد_٤ كل_٢$] ، ولهذه الخاصة سمى الايثيلين باسم غاز الاوليفيانت (Olefiant Gas) أى الغــاز المكون للزيت . وإذا مزج الغــاز بالـكلور بنسبة حجم من الأول إلى اثنين من الثــانى وقرب إلى الخليط لهب فان الغازين يتحدان بفرقعــة ويتكون من اتحادهما كلوريد الايدروجين وينفرد الـكربون [$ك_٢ يد_٤ + ٢ كل = ٤ يد كل + ٢ ك$] ويتحد الجزىء من الايثيلين أيضا بجزىء من كل من البروم واليود وبروميد الايدروجين ويوديد الايدروجين وحامض الـكبريتيك وكذلك بذرتين من الايدروجين المولد حديثا . ويفسر ذلك بالقول بأن ذرتى الـكربون فى جزىء الغاز غير متحدتين بما يشبعهما من الايدروجين فيستطيع الغاز أن ينضم إلى شىء آخر يتم به التشبع .

رابعا — غاز الاستيلين

يوجد هذا الغاز بمقادير صغيرة فى غاز الفحم الحجرى ويتكون عند احتراق هذا الغاز فى مقدار غير كاف من الهواء أو إذا برد اللهب بوضع سطح بارد فيه . وكذلك يتكون من اتحاد عنصرى الأيدروجين والـكربون إذا أمرت شرارات كهربية متتابعة بين قطبين من الـكربون فى جو من الأيدروجين

تمرين ١٦ * :

أشعل غاز الاضاءة عند الفتحة الضيقة فى قاعدة موقد بنسن ثم ضع

الموقد تحت قمع صغير منكس ومتصل بأنبوبة ذات شعبتين بها قليل من محلول نشادرى من كلوريد النحاسوز وتتصل من الجهة الثانية بجهاز ماص للهواء (شكل ١٢٣)

أشعل الماص لتحدث فى الجهار تياراً ضعيفاً تشاهد بعد مدة قصيرة راسباً أحمر يتكون فى السائل فى أنبوبة الشعبتين وهو ناتج من اتحاد غاز الاسيتيلين مع كلوريد النحاسوز

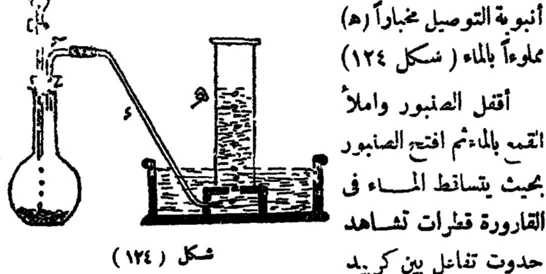
شكل (١٢٣)

استحضار الأسيتيلين

تدريب ١٧* :

خذ قارورة جافة (ا) وضع فيها بضع قطع من كربيد الكالسيوم ثم سدها بسداد ذى ثقبين ينفذ من أحدهما قمع ذو صنبور (ب) ومن الآخر أنبوبة (جـ) على هيئة قائمة تتصل من طرفها الآخر بأنبوبة توصيل (د) منغمر طرفها فى ماء بحوض . ونكس فوق طرف أنبوبة التوصيل مخباراً (هـ) مملوءاً بالماء (شكل ١٢٤)

أقفل الصنبور واملأ القمع بالماء ثم افتح الصنبور بحيث يتساقط الماء فى القارورة قطرات تشاهد حدوث تفاعل بين كربيد



شكل (١٢٤)

الكالسيوم والماء وانفصال غاز تظهر فقاقيعه فى ماء الحوض وتعلو متجمعة فى المخبار

وال ِالعمل حتى تملأ بضعة مخابير من الغاز المنبعث

أفضل طريقة للحصول على الغاز أن يعامل كربيد الكالسيوم بالماء فيحدث تفاعل سريع بينهما يتكوّن من أثره ايدروكسيد كالسيوم وغاز الاسيتيلين [كا ك$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا = كا (ا يد)$_{٢}$ + ك$_{٢}$ يد$_{٢}$] . إلا أن الغاز الحادث لا يكون نقيًّا جداً بل مختلطاً ببعض غاز الفوسفين ولذلك تكون له رائحة غير مقبولة

أوصاف الاسيتيلين وخواصه

تدريب ١٨ *

ا — خذ مخباراً مملوءاً بالاسيتيلين وتبين مظهر الغاز فيه ورائحته مخففاً بالهواء .

ب — خذ مخباراً مملوءاً بالغاز وأبعد غطاءه وقرب من فوهته لهب عود كبريت ، تر الغاز يلتهب بلهب مدخن ، وتلاحظ تكون قطرات من الماء على جدار المخبار أثناء الاحتراق .

بعد أن يخمد اللهب صب فى المخبار بعض ماء الجير ورجه فيه تشاهد أن ماء الجير يتعكر ويبيض لونه .

ج — انزع أنبوبة التوصيل (د) من جهاز استحضار الاسيتيلين وصل (ج) بموقد ذيل السمكة ، وجهز الغاز ، وعندما يخلو الجهاز من الهواء ، أشعل الغاز الخارج من الموقد ، وضع فى اللهب قطعة من الخزف الأبيض ولاحظ ما يرسب عليها من الكربون الأسود . ضع فوق اللهب قارورة بها ماء بارد تشاهد تغبش سطحها بما يتكثف عليه من بخار الماء .

د — نكس مخباراً مملوءاً بالهواء فوق آخر مملوء بالاسيتيلين .

وأبقهما كذلك مدة تكفى لامتزاج الغاز بالهواء ثم أبعد أحـد المخبارين عن الآخر ، وقرب من فوهة كل منهما لهب عود كبريت ، يلتهب الغاز فى المخبارين بفرقعة قد تكون شديدة

هـ — رج بعض ماء البروم فى مخبار مملوء بالغاز ، ولاحظ تغير لونه وافحص أى مادة جديدة تتكون فى المخبار

الاسيتيلين غاز شف لا لون له ، ذو رائحة مقبوله إذا كان نقياً ، أما إذا كان غير نقى فانه يكون ذا رائحة كريهة تشبه رائحة الثوم ، وهو أخف من الهواء غير سريع الدوبان فى الماء ، وتزداد قابليته للذوبان فى الـكحول ويذوب بسرعة فى سـائل اسمه الأسيتون ، ويباع الغاز مذابا فى هـذا السائل بضغط عظيم فى اسطوانات من الحديد ، وهو غاز سام ، إلا أن حوادث التسمم به أقل من حوادث التسمم بأول أوكسـيد الـكربون ، وذلك لأن الاسيتيلين له رائحة غريبة يسهل إدراكها وتفادى خطره ، كما أن فعله فى الكرات الدموية ليس متلفاً لها ، وهو قابل للالتهاب وإذا احترق فى قليل من الهواء كان لهبه مدخناً لأن الـكربون فيه لا يجـد ما يكفيه من الأوكسيجين للتأكسد التام فيتحول بعضه إلى أول أوكسيد الـكربون وينفصل البعض بشكل مسحوق أسود . أما إذا كان الهواء كثيراً فان الغاز يحترق دون دخان ويكون شـديد الضوء ويتكون من احتراقه الماء وثانى أوكسيد الـكربون ·

$$[\text{٢ك}_{٢}\text{يد}_{٢} + \text{٥ا}_{٢} = \text{٤كا}_{٢} + \text{٢يد}_{٢}\text{ا}]$$

وإذا استعملت فى إيقاده مواقد خاصـة كما فى مصابيح الدراجات العادية وذات المحركات (الموتوسيكل) حيث يندفع الغـاز من فتحتين ضيقتين فيتداخل أحد اللهبين فى الآخر مكونين لهبا واحداً مستعرضاً فان اللهب يكون شديد الضوء خالياً من العثان ·

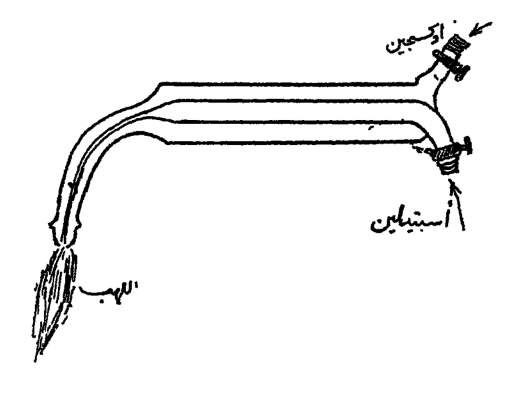
وإذا مزج الغاز بالأوكسيجين أو الهواء بنسبة معينة وألهب المزيج ، فانه يشتعل بفرقعة شديدة · ولهب الاسيتيلين المحترق شديد الحرارة تبلغ

درجته ٢٥٠٠°م وقد تبلغ ٣٠٠٠°م إذا مزج الغاز بمقدار مناسب من الهواء ، فيمكن أن يصهر بعض الفلزات كالفولاذ . وحدوث الماء وثانى أوكسيد الكربون عند احتراق الأسيتيلين دليل على أنه مكون من عنصرى الكربون والايدروجين

ويتحد جزىء الأسيتيلين مع جزىء أو اثنين من كل من البروم والكلور ، فهو أقل تشبعاً من الايثيلين (الذى لا يتحد الجزىء منه إلا بجزىء واحد من كل منهما) . فاذا ملىء بعض فراغ مخبار بغاز الأسيتيلين ثم أدخل فيه فقاقيع الكلور واحدة بعد أخرى فان الأسيتيلين يلتهب كلما دخل الكلور فى المخبار ، ويرسب الكربون على جدار المخبار [ك$_{٢}$ يد$_{٢}$ + كل$_{٢}$ = ٢ يد كل + ٢ ك] ويلاحظ أن كلا من الميثان والايثيلين عند مزجهما بالكلور يجب إشعالهما قبل أن ينفصل الكربون منهما وبذلك يتميزان عن الأسيتيلين . أما إذا كان مقدار الكلور كافياً فان الاتحاد يحدث وفقاً للمعادلة [ك$_{٢}$ يد$_{٢}$ + ٢ كل$_{٢}$ = ك$_{٢}$ يد$_{٢}$ كل$_{٤}$] ويحدث عند ذلك سائل يسمى رابع كلوريد الأسيتيلين الذى يستخدم كعامل إذابة فى أغراض صناعية كثيرة

ويتميز الأسيتيلين عن غيره من الغازات بأنه إذا أمر فى محلول نشادرى من كلوريد النحاسوز يحدث فيه راسب أحمر اللون يسمى نحاس الأسيتيلين (تدريب ١٦)

ويستخدم غاز الأسيتيلين فى الاضاءة فى البلاد التى ليس بها مصادر للكهربية وفى إنارة مصابيح العربات والدراجات . ولارتفاع درجة حرارة لهبه يستخدم الغاز فى قطع ولحام الفلزات ، وقد أمكن بواسطته قطع ألواح من الصلب السميك التى تستخدم فى بناء المدرعات الحربية ، ويصل سمكها أحياناً إلى ٩ بوصات . ولهذا الغرض يحرق الغاز فى موقد خاص يسمى موقد الأسيتيلين المتأكسد (شكل ١٢٥) وهو عبارة عن أنبوبتين يمر غاز الأسيتيلين فى الداخلة منهما والأوكسيجين فى الخارجة التى تكون شبه غلاف لها ، ويتلاقى الغازان عند طرف مشترك يركب عليه منفذ



شكل (١٢٥)

ضيق (فنية) من مادة مقاومة للحرارة فيحصل من مزيج الغازين على لهب
درجة حرارته ٣٥٠٠°م يمكن أن يصهر الحديد فتقطع به ألواحه السميكة

أسـئلة

١ — أين يوجـد غاز المستنقعات فى الطبيعة ، وكيف يجهز فى المعمل ؟

٢ — كيف تميز بين الميثان والايثيلين ؟

٣ — كيف تميز وجود الاسيتيلين فى غازات الاضاءة ؟

٤ — اشرح مع رسم الجهاز الطريقة التى تتبعها فى المعمل للحصول على بعض غاز الأسيتيلين .

٥ — اذكر أهم أوصاف الاسيتيلين وكيف تميزه عن غيره من الغازات.

٦ — كيف تثبت بالتجربة أن كلا من الميثـان والاسيتيلين يحوى الكربون والايدروجين .

٧ — تكلم عن استعمالات الاسيتيلين فى الصناعة .

٨ — إذا فرقعت ٢٠ سم^{٣} من غاز المستنقعات مع ٥٠ سم^{٣} من الأوكسيجين فما يكون حجم الغاز الحادث وإذا رج هذا الغاز الحادث مع محلول الصودا الكاوية فماذا يكون حجم الغاز المتخلف؟

٩ — ما حجم الأوكسيجين اللازم لتمام احتراق (أولا) ١٠ لترات من الميثان (ثانياً) ١٠ لترات من الاسيتيلين ؟ ما حجم ثانى أوكسيد الكربون الحادث فى كل حالة ؟

١٠ — وازن بين أوصاف الميثان والايثيلين والاسيتيلين .

١١ — كيف تحضر الايثيلين فى المعمل وما أهم أوصافه ؟

محتويات الجزء الأول

الصفحة	الموضوع
٨٣	القانون العام للغازات
٨٥	الارتباط بين كثافة غاز ودرجة حرارته
٨٦	الارتباط بين كثافة غاز وضغطه
	الباب الخامس
٩٥	قانون النسب الثابتة
٩٩	قانون النسب المتضاعفة
١٠١	قانون النسب المتبادلة
١٠٥	النظرية الذرية
١٠٥	تفسير قانون النسب الثابتة
١٠٧	» » » المتضاعفة
١٠٧	» » » المتبادلة
	الباب السادس
١١٠	التركيب الحجمي للماء
١١٤	قانون الحجوم لجاى لوساك
١١٦	فرض أفوجادرو
١٢٠	حقيقة تكوين الجزيئات
	الباب السابع
١٢٤	الأوزان المكافئة
١٢٦	طرق تعيين المكافئات
١٣٢	قوانين الاتحاد معبراً عنها بالمكافئات

الصفحة	الموضـــوع
	الباب الثامن
١٣٦	الذرة والوزن الذرى
١٣٧	الجزىء والوزن الجزيئى
١٣٧	الوزن الجزيئى للأيدروجين
١٣٩	كثافات الغـازات
١٤٠	الـكثافة النسبية لغاز
١٤١	تعيين الوزن الجزيئى لغاز
١٤٢	تعين كثافة بخار
١٤٧	العلاقة بين الوزن الجزيئي لغاز وحجمه
١٤٩	تعيين الأوزان الجزيئية لمواد صلبة أو سائلة
	البـاب التاسع
١٥٢	إيجـاد الوزن الذرى للأوكسيجين
١٥٣	« « « للـكربون
١٥٤	الطريقة التحليلية لتعيين الوزن الذرى
١٥٥	الوزن الذرى والحرارة النوعية
١٥٦	قانون ديلونج وبتى
	البـاب العاشر
١٥٩	الرموز الـكيميائية
١٦١	القوانين الـكيميائية
١٦٢	تعيين القانون الأولى لمـادة
١٦٣	« « الجزيئى لمـادة
١٦٥	تعيين التركيب المئوى لمركب

استـــدراك

ورد فى هذا الجزء بعض أخطاء نوجه نظر الطالب إليها ليتداركها

الصفحة	السطر	الخطـــأ	الصـــواب
٢٥	١٣	(تسمى البكتريا) موجودة فى خمرة البيرة	تسمى نبات الخميرة (Y.ast plant) موجودة فى الجو
٣٠	٩	لاتقاء للخطر	لاتقاء الخطر
٣١	٢٣	ونصف	أو نصف
٦٦	٩	بغاز الكلور	بغاز الكلور مع وجود اليود
٧٤	٧	الشمع	شمع البرافين
٩٨	٥	بوزن (هـ ، حـ ، د)	بوزن (ب ، حـ ، د ، هـ)
١٢٤	٨	أى أن الجزىء الواحـد	أى أن الجزء الواحد
١٣٢	١٣	١٤ : ١٦	٢٨ : ١٦
١٣٢	١٥	١٤ : ٣٢	٢٨ : ٣٢
١٣٢	١٧	١٤ : ٤٨	٢٨ : ٤٨
١٣٢	١٩	١٤ : ٦٤	٢٨ : ٦٤
١٣٢	٢١	١٤ : ٨٠	٢٨ : ٨٠
١٦٦	٥	٣ يد$_{٢}$	٢ يد$_{٢}$
١٧٩	١٨	حامض الايدروكلوريك	حامض الكلوريك
١٩٥	٦	تكافؤه ٢ ، ٤ ، ٥	تكافؤه ١ أو ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥
٢٠١	١٤	هو أهم مصدر	هو من أهم المصادر
٢٠٨	١٤	ز ا$_{٣}$	ن ا$_{٣}$
٢٢٥	١٠	على سطح التربة	فى التربة
٢٢٧	٢	+ يد ن ا$_{٣}$	+ ٢ يد ن ا$_{٣}$
٢٣٥	١٠	+ ٢ ر ا$_{٢}$	+ ٢ ن ا$_{٢}$
٢٨٧	١٤	وهو سام جـداً	وهو سام نوعاً ما

الصفحة	السطر	الخطـــأ	الصـــواب
٢٩٣	١٥	من غاز كبريتيـــد الأيدروجين	من غازى كبريتيد الأيدروجين وثانى أوكسيد الكربون
٣٠٠	٣	الحـــديد	الحـــديديك
٣٠٤	آخر سطر	= ر كب ا	= ر كب ا ٤
٣٠٨	٥	فوق كرومات البوتاسيوم الصـــفراء	فوق كرومات البوتاســيوم الحمـــراء
٣٤٠	١٦	والمشروبات الملونة	والمشروبات الملونة الجليسيرين
٣٤٤	٢١	غاز النشادر	غاز النشادر وبعض أملاحه